

语音乐律研究报告

Status Report of Phonetic and Music Research

2006



北京大学中文系语言学实验室

Linguistics Lab

Department of Chinese Language and Literature

Peking University

前 言

刘复（半农）先生 1925 年在北大国文系建立“语音乐律实验室”至今已有 80 多年的历史，它经历了中华民国和中华人民共和国的历史变迁，其间受到了抗日战争、解放战争、文化大革命等战争及运动的冲击，但北大语音乐律实验室的传承者们都一直坚持着“鉴于研究中国语音，并解决中国语言中一切与语音有关系之问题，非纯用科学的试验方法不可”的理念，使实验室不断地发展。20 世纪 80 年代以后实验室迎来了它发展环境最好的时期，由于国家 211 工程和 985 工程的支持，实验室的设备和研究逐步现代化，使语音学的科学研究得到了进一步的发展。

语音学研究的设备和仪器固然重要，但更重要的是采用自然科学方法研究的理念，即团队精神、相互协作和广泛的学术交流。因此，国际上著名的语音实验室都有自己的研究进展报告，如，美国加州大学洛杉矶分校（UCLA）语言学系语音学实验室的“UCLA Working Papers in Phonetics”和瑞典皇家理工学院（KTH）言语、听觉及音乐系的“Quarterly Progress and Status Report”，中国社会科学院语音所的《语音研究报告》等。

为了推动实验室的学术研究和国际国内更广泛的学术交流，我们计划从 2006 年起，每年出一本北大《语音乐律研究报告》。目前形式上有纸版和电子版本两种，为非正式出版物。内容主要涉及语音学、民族乐律、民族声乐及其相关研究。研究人员主要是北大中文系的老师、研究人员、博士和硕士研究生、访问学者、进修老师、进修研究生等。

孔江平

2007 年 9 月 30 日于北大五院

说 明

北京大学语音实验室的历史已有八十多年，主要历经刘复、罗常培、林焘、沈炯教授主持的四个时期，如今由孔江平教授主持实验室的工作。实验室在继承传统的基础上，进行了大量的基础建设工作。建立了隔音室，购置了新的语音实验仪器，建立了语音学多模态数据库；开设了多门语音学课程，招收培养国内国际研究生，使得实验室得到进一步的发展。为了记录和介绍实验室的工作，特此编辑《语音乐律研究报告》，以增进与同行的交流。本期是第一期，收录了实验室 2006 年发表和未发表的论文 14 篇。

一、科研进展

本期研究报告主要包括以下几个方面的研究内容：基础理论和方法、普通语音学、生理语音学、民族语语音学、病理语音学等，详见论文内容。

二、学术交流

实验室进行了广泛的学术交流。于 2005 年 6 月主办了“北大语音乐律实验室成立 80 周年暨刘复先生语音学学术成就纪念会”，于 2006 年承办了“第七届中国语音学学术会议暨语音学前沿问题国际论坛”。

实验室的人员还参加了 2005 年 11 月在厦门举办的“第 38 届国际汉藏语暨语言学会议”、2005 年 12 月北京的“中国残疾人康复协会听力语言康复专业委员会第七届学术年会”。

实验室与许多科研机构和大专院校建立了广泛的合作关系，如 Berkley、JAIST、台湾中央研究院、香港大学、香港中文大学、西北民族大学、广西大学等，并互派访问学生。同时，实验室开设的语音学课程，也接受了各地院校机构的学生选课或旁听。

实验室的隔音室除了自身的科研和课程教学录音任务，也协助承担了校外科研人员的“普通话标准评测录音”、“藏语方言研究”、“母方言对学习普通话的影响”、“北京方言研究”等项目的录音工作。

三、田野调查

实验室秉承语音学的训练传统，由孔江平教授带领研究生，结合研究项目，进行田野调查。于 2005 年 7 月在甘肃青海进行藏语安多方言调查，2006 年 5 月在甘肃进行安多方言调查，2006 年 6 月在四川青海等地进行藏语康方言调查，2006 年 8 月在西藏进行卫藏方言调查。

北大语音实验室的发展壮大，离不开诸位师长和各界朋友的交流和支持，欢迎语音学界的同行对我们的工作提出宝贵的意见和建议。

北京大学中文系语言学实验室

Linguistics Lab, Department of Chinese Language and Literature, Peking University

Tel: 86-10-62753016

Email: ell@pku.edu.cn

Website: <http://chinese.pku.edu.cn>

实验室人员		联系方式
孔江平	教授	jpkong@pku.edu.cn
李铎	副研究员	lid@pku.edu.cn
周燕	高级工程师	ell@pku.edu.cn
汪高武	04 级博士生	wanggaowu@pku.edu.cn / wanggaowu@gmail.com
尹基德	05 级博士生	yoorealjdm@gmail.com
吉永郁代	05 级博士生	i_yoshinaga@hotmail.com
杨若晓	06 级直博生	yangruoxiao@pku.edu.cn
李洪彦	04 级硕士生	lhypku@126.com
谭晶晶	05 级硕士生	pkutjj@163.com
钱一凡	06 级硕士生	yifanqian@pku.edu.cn / yifanqian@gmail.com

（自 78 年以来，实验室共培养研究生 21 名，其中博士 13 名，硕士 8 名。）

本期执行编辑：汪高武

目 录

现代语音学与历史语言学.....	孔江平(1)
语音学田野调查的基本方法.....	孔江平(6)
从声道形状推导普通话元音共振峰.....	汪高武(10)
新闻朗读的呼吸节奏初探.....	谭晶晶(15)
民歌男高音共鸣的实验研究.....	钱一凡(21)
标准元音头部共鸣的声学研究.....	孔江平(27)
壮语龙州话声调的声学分析.....	李洪彦(33)
诗洞标话双音节连字调的音系学研究.....	谭晶晶(39)
安顺仡佬语声调的实验研究.....	杨若晓(47)
德宏傣语声调的实验研究.....	杨若晓(52)
毛南语声调的声学分析和自主音段音系学的解释.....	杨若晓(61)
植入人工耳蜗和佩戴助听器儿童普通话声调获得比较研究.....	李洪彦(73)
汉语普通话塞音的声学研究.....	尹基德(81)
汉日音域高低幅度的对比研究.....	吉永郁代(85)

现代语音学研究 with 历史语言学*

Modern Phonetics and Historical Linguistics

孔江平

历史语言学是研究一种或多种语言的语音、词汇、语法等演变规律的学问。它有一套完整的研究方法和理论体系。在历史语言学中，历史语音学（historical phonology）主要研究语言的语音变化，通过研究语言的对应规律建立语言间的亲缘关系和语言的谱系。众所周知，历史语音学的传统方法主要是研究语音的“对应规律”，而较少研究语音的“变化规律”，对应规律和变化规律的不同在于对应规律主要解释语音变化的结果，而变化规律不仅解释语音变化的结果，同时也解释语音变化的过程。随着语言学相关学科的发展，特别是现代语音学方法和理论的发展，研究语言的内在变化规律已显得十分必要。

1. 现代语音学研究的新方法

随着科学技术的发展，语音学大量采用自然科学的研究方法来研究语音，无论是声学分析的方法，还是生理分析的方法，这些新方法的使用大大提高了对语音的描写精度和对生理机能的解释，使语音学的研究从传统的方式逐渐进入科学的领域。从研究领域上看，语音学的基本理论也已进入言语声学、语音生理学、语音病理学、司法声纹鉴定等科学领域。研究方法的进步，使人们能对语音的性质和变化规律做出更科学的解释，发现语音在变化过程中生理的制约、自然规则（naturalness）和普遍的规律（universal），这就使得人们能够更好的解释音变的过程。

在对语音的声学研究中发现，辅音特别是塞音和塞擦音对其后的元音声带振动启动有必然的影响，即清音高浊音低，这种现

象在语音声学研究中称为辅音的“内在音高（intrinsic pitch）”。辅音的这种性质能解释不同的辅音对后随元音音调机理的不同影响。以藏语为例，藏文所反映的7至8世纪的藏语，那时藏语还没有产生声调，但有大量的复辅音。而现在的藏语拉萨话复辅音已大量消失，但有声调，从语音对应规律上看基本是清声母对应高调，浊声母对应低调，但如果要研究声调产生的过程，还必须进行其它更深入的研究。众所周知，藏语安多方言有大量的复辅音，没有声调，但安多藏语在词汇这一级已形成了比较固定的音调模式，通常被称为“习惯调”，虽然这种音调模式还不具有很强的音位意义，但在区别个别词汇上已具有了一定的音位作用，最重要的是这些音调模式的形成和声母的清浊有密切的关系。这个例子说明语音的音变过程受到生理的制约，在充分研究了这些语音生理制约后，我们就有可能科学的解释语音的音变规律，而不仅仅是语音的对应规律。

喉塞是许多语言中常见的一个音素，通常都用固定的国际音标[ʔ]来描写，在生理上对喉塞的描写是声带突然的关闭，在声学上表现为能量的突然消失。然而，就中国汉藏语系的语言来看，由于语言不同或喉塞在音节中所处的位置不同，喉塞音的性质有很大的差别。喉塞音在一些语言的音节尾部表现为声带的突然关闭，但在有的语言中表现为紧喉音，喉塞音在音节尾还可以表现为很强的喉擦特性。喉塞音在音节首声带表现为突然打开，而不是突然关闭。另外，喉塞音在塞音前往往表现为声带的一段振动，而且是一种紧喉音。通过声学分析和生理分析来确定喉塞音的性质已不是太困难，从目前对喉塞音的了解看，无论从声学或从生理上，它们都不是一个相同的音素，所以，见到国际音标[ʔ]时，因该清楚它们在语音上和生

*本研究由北京大学 985 子项目“汉语普通话语音多模态研究”资助。

理机制上可能是不同的。在音位上可以把它们处理成一个音位的不同变体，但它们对其它音素的影响和在语言音变中的作用肯定是不一样的。喉塞音在音节尾部由于发声类型的差异，可以导致声调降低，如挤喉音（谭克让等，1991），也有可能导致声调升高。

在汉藏语系中，安多藏语有较多的复辅音声母，在卫藏、康藏和其它汉藏语系语言中复辅音则较少，从藏文和拉达克语的情况看，藏语的复辅音声母呈现出减少的趋势。通过对藏语方言复辅音的调查和声学分析，可以了解到复辅音声母的脱落过程。复辅音在脱落过程中并不是一个音素整个脱落而是语音特征的脱落和转移。比如，阿柔藏语有双塞声母/pt/，年长者还是发双塞音，这种双塞音基本上是一个双焦点的塞音，只是在除阻时第一个塞音的除阻稍微提前于第二个塞音（孔，1991），两个塞音的感知主要体现在复合的过渡音征上。通常一个塞音的感知主要基于第二共振峰的过渡音征和辅音的音轨特性，单塞音的过渡音征是单向的，道孚和阿柔藏语的双塞音声母，都具有双向的过渡音征。在第一个塞音的除阻弱化变为唇化特征前，其除阻已经是非区别性特征了，即羡余特征，因为这个塞音对语音感知的贡献主要在第一个过渡音征上，因此，这个过渡音征是真正的区别性特征。

以上这几个例子只是说明语音的变化过程有生理上的制约，这种生理制约是必然，但根据环境的不同会导致不同的变化。在我国面向语言学的语音学研究主要还是在语音的描写阶段，而且从事这方面研究的人也很少，直到目前我们对汉藏语系语言语音变化的生理制约了解得还很不够，促进语音生理制约的研究，对历史语言学的研究有重要的意义，然而，从假设原始共同语到现在毕竟经历了一个相当长的历史时期，现有语言和方言的语音现象、生理的制约和自然规则能对汉藏历史语音学和历史语言学的解释能做出多大贡献，还需要语音学家和历史语言学家的共同努力。

2. 语音学基础理论

传统的语音学理论框架将语音分成元音和辅音。元音是从开口度大小、舌位的高低、圆唇不圆唇等方面来描写。辅音是从发音部位、发音方法等方面来描写。这种语音学理论框架对于描写一种语言或方言确实是一种简便实用的语音学系统。传统语音学的理论框架，从总体上讲是基于解释语音的发音机制，因此也可以称为是发音语音学（articulatory phonetics）。

从上个世纪七十年代开始，UCLA 的研究人员开始关注语言发声类型的研究，其中也对中国部分民族语言进行了研究，取得了许多成果（Ladefoged P., 1973 and 1988; Ladefoged P., et al, 1987; Anthony T. et al, 1987; Cao Jianfen et al. 1992; Kirk P.L. et al, 1984; Kirk P.L. et al, 1984; Thongkum T. L., 1987,）。八九十年代，中国的学者也对中国的民族语言和汉语的发声类型进行了比较深入的研究（鲍怀翘等，1990；李绍尼等，1990；鲍怀翘等，1992；孔江平，1992, 1996, 1997a 和 1997b；艾杰瑞等，1997）。对语言发声类型的研究使人们大大地丰富了对语音功能的认识，语言发声类型是指声带以不同的方式振动，从而具有不同的音位功能，常见的发声类型有正常嗓音(modal voice)、气嗓音(breathy voice)、紧嗓音(pressed voice)、挤喉音(creaky voice)、气泡音(vocal fry)等，但实际上人的声带还可以将上述基本的语音发声进行组合，产生出各种复杂的发声类型。从语音发声类型的角度来研究语音产生的机理称为发声语音学(phonation phonetics)。

随着语音学研究方法的发展和对世界上更多语言的深入调查，更多的语音现象被发现，另外，随着科学技术的发展，特别是言语声学 and 生理语音学的发展，传统的语音学理论框架显然有不足的地方，需要对其进行调整和完善。

从生理上，语音的产生可以分为声道运动和声带运动两个部分，它们分别对应于语音的发音(articulation)和发声(phonation)。从声学上，言语产生的声学理论可将言语产生的过程主要分为两个部分，它们分别是：1) 声源；2) 声道共鸣，言语产生的声学理

论模型定义为:

$$s(n) = \sum_{k=1}^p a_k s(n-k) + Gu(n)$$

以上差分方程定义了言语产生的基本离散时域模型, $s(n)$ 是言语信号, $u(n)$ 是激励信号, G 是增益参数, $\{a_k\}$ 滤波器系数, k 是信号的延迟。从音位学的角度看声学的数学模型, 声源部分对应于发声, 声道共鸣部分对应于发音, 从世界上的各种语言看, 这两部分都具有语言学意义。如果将语音学的理论框架和语音的生理机制和声学模型统一起来, 就会使其更加科学, 因此, 将语音学的理论框架先分为“发音”和“发声”两个部分是比较科学的, 在这样的框架下, 元音、辅音和声调的概念可以更好的得到解释, 比如, 发音音质和发声音质的定义和区别, 辅音发声和辅音共鸣的解释, 声调调形和声调调质的问题。最主要的是在这种语音学理论框架下, 能更好的解释语音的产生机理和变化的规律(孔江平, 2001)。

历史语音学注重语音的音变规律, 而音变受语音生理的制约, 因此这种语音制约的本质所在是面向语言学的语音学研究的一个重要方面。以汉藏语系语言的实际情况为例, 声调和辅音的清浊有密切关系和塞音韵尾也有关系, 元音的开口度大小和嗓音又一定的关系, 嗓音的音质和声调的高低有密切关系, 而声调的高低和元音开口度之间关系则较少。反过来从语音的生理机制可以看出这些历史音变的结果和语音的内在机制有必然的联系。声调的分化和辅音的内在音高有必然关系, 开口度大小的变化与发声和发音的内在生理机制有关, 嗓音音质和声调之间关系可以用嗓音发声类型的内在音高解释, 元音开口度大小的变化和声调的高低从新的语音学框架上看不出明显的生理制约。因此, 深入研究语音的内在生理机制和建立更科学的语音学框架, 对于解释语音的历史音变有重要的理论意义。

3. 区别性特征理论

区别性特征理论是现代语音学的一个

重要组成部分, 其建立过程是基于语音分析方法的发展和对不同未知语音现象的认识和了解。在区别性特征的研究方法和理论的建立过程中有两项最重要的研究, 一是基于声学分析的区别性特征的提出(Jakobson, R. and Halle, M. 1956.)。二是基于发音生理的区别性特征的应用(Chomsky, N. and Halle, M. 1968.)。另外, 区别性特征理论也是音系学研究的基础和重要组成部分。

用区别性特征的方法研究音变首先是将语音分解成一组区别性特征, 然后对音变的对应规律和变化情况进行描写。在音系学研究中, 研究重点在区别性特征上, 较少使用羡余性特征, 然而从语音学研究的角度来看语音的变化, 羡余性特征是非常重要和不可缺少的, 因为只有区别性特征从语音学上不能精确描写反映语音的实际和语音的制约, 例如, 阿柔藏语双塞音/pt/变为/wt/时, 前置辅音p可以用区别性特征描写为辅音性的爆破特征, 也可以描写为/p/的过渡音征, 即元音性, 这是因为前者是按声学特征来描写, 后者是按感知特征来描写, 因为前置辅音的感知主要基于第二共振峰的过渡音征(transition)和音轨(locus), 如果将所有的特征都列出就能发现, 这两种特征都可以是区别性特征同时也可以处理成羡余性特征, 语音在音变过程中首先是区别性特征的转移, 既区别性从一种特征转移到另一种特征上, 而一种特征成为羡余性特征后可以被丢失。因此区别性特征具有转移的性质, 而羡余性特征具有可丢失的性质, 这种性质体现了语音音变的制约, 也可称作语音的微观研究。

在历史语音学研究中, 语音构拟主要靠文献和方言的材料, 在有些情况下会出现所构拟的音较长的现象, 比如4至5个音素作一个声母, 从现有汉藏语的发音上看, 在语音生理的产生上发出类似的音有很大的困难。从语音学和言语声学的角度, 一组区别性特征和羡余性特征, 根据区别性特征和羡余性特征的相互制约性, 理论上是可以对其进行合理的归并, 并在此基础上合成出来包含这些特征的实际语音。目前国内在这方面只做过一点尝试性的研究, 随着语音参数合

成技术的日趋完善，现代语音学势必会对历史语音的研究做出更多的贡献。

4. 音位负担量理论和历史语言学

利用区别性特征的理论研究语音的变化是对语音演变过程的微观研究，同样也可以从比较宏观的角度来研究，如，词汇扩散理论和音位的负担量（William S-Y Wang, 1991），词汇扩散理论已被广泛应用和得到验证，但目前利用中国境内的语言来研究音位的负担量还比较少。本文中的音位的单位是指声母、韵母和声调，研究时将一定数量的词汇进行两两对比分出每个声母、与韵母和声调的类型和计算出每个音位的实际负担量。利用这种方法研究不同的语言或一种语言的不同方言，可以看出音位负担量的许多特性和变化情况。从信息论的角度来看，音位负担量的研究反映了语言交际功能的某些本质。

音位的负担量可以从语音的音位系统上来研究，以藏语为例，其音位系统在方言里差别很大，主要表现为有的方言有声调，有的方言没有声调，复辅音的数量在藏语文献和各方言中也有很大差别，另外，还有一些语言的复辅音声母会比藏文文献中还要多，如拉达克语。从这些材料上看，复辅音声母是越来越少的，在复辅音声母少到一定量时，出现声调。在对安多藏语的调查中发现，复辅音声母的减少，无论是单音节还是双音节都会导致产生同音词，最终造成交际的困难。从交际功能上看，整个音位系统中音位数量的减少会对交际造成影响，从信息论的角度信息可以用比特值（bit）来量化，如果用一定数量的词汇，比如 2000 词作为研究的材料，理论上其信息是相同或基本相同的，音位数量的减少会导致冗余度的降低，使交际产生困难。具体到音位系统上，一种语言或方言其每个音位的负担和冗余度在系统中是不同的。可以看出，复辅音声母减少会导致同音词增加，同音词增加促使声调（语音上已经存在的习惯调）产生。因此，音位系统的冗余度和各个音位的冗余度的不同提供了研究语音变化动因的途径。

从语音的结构上来看音位的音位负担，不同的语言和方言也不同，通过对苗语的统计研究发现绝对对立（即一个音节中声母韵母相同，只有声调不同，或声调韵母相同声母不同等）的情况在一种语言或方言中出现的次数很少，而大量的是两个不同和三个都不同。只有一个不同，其音位的负担量较高，但冗余度低，在音变过程中容易成为同音词，而冗余度高的词成为同音词的机率就低，由此可以看出，音位的数量、音位系统的结构和不同层次的冗余度都和语音的变化有密切的关系¹。在研究语言的历史音变上，通常人们会讨论语音变化快慢的问题，我们不难看出音位系统的结构和性质的确有很大差异，例如，汉语普通话和藏语拉萨话，在音位层面上比较相近，但从结构上却有较大差别。汉语普通话的声韵母搭配从音节表上看比较整齐，每个音节大多有四个声调。从藏语声韵母搭配的音节表上声韵调地结合比较随机，声调也可以处理成不同的数目。这种音位结构和负担上的不同为我们提供了研究语言历史语音状态和音变的又一途径。

5. 结束语

语音学研究是否能解释历史音系学的问题是一个语音学界和音系学界共同关心的问题，也有两种不同的观点，一种认为语音学和音系关系不大，另一种认为语音学能为音系学提供证据和解释。我个人认为不应该将两者对立起来，其差别只是研究领域的不同，我们可以抛开语言本身来研究语音，如在有的语音工程研究中，人们不太注重语言本身，更注重语音现象，另外，在语音的病理研究中，更注重语音产生的机能。但在面向语言学的语音学研究中，为音系学提供语音证据和解释音变规则是非常重要的和有意义的，最起码语音学也能为音系学研究提供更准确的研究资料。因此，我们应该更加注重面向语言学的语音学研究，为汉藏语的

¹ 很多年前和社科院民族所的黄行研究员一起做过一个苗语数据库方面的研究，想进一步的读者可参考黄行研究员有关苗语的研究。

历史语言学做出贡献。

参考文献

艾杰瑞、李绍尼, 1997, 云南剑川白语的音质和滤音实验, 彝语研究, 四川人民出版社。

鲍怀翘、周植志, 1990, 佤语浊送气声学特征分析, 民族语文, 2 期。

鲍怀翘、吕士楠, 1992, 蒙古语察哈尔话元音松紧的声学分析, 民族语文, 1 期。

孔江平, 1991, 道孚藏语双塞音声母的声学性质, 语言研究, 第 2 期。

孔江平, 1993, 苗语浊送气的声学分析, 民族语文, 第 1 期。

孔江平, 1996, 哈尼语发声类型声学分析及音质概念的, 民族语文, 第 1 期。

孔江平, 1997b, 凉山彝语松紧元音的声学分析, 彝语研究, 四川人民出版社。

孔江平, 1997c, 阿细彝语嗓音声学分析, 中国民族语言论丛, 云南民族出版社。

孔江平, 2001, 《论语言发声》, 中央民族大学出版社。

李绍尼、艾杰瑞, 1990, 云南剑川白语音质和音调类型-电脑语音实验报告, 中央民族学院学报, 第 5 期, 70-74 页。

谭克让, 孔江平, 1991, 藏语拉萨话元音、韵母的长短及其声调的关系, 民族语文, 第 2 期。

Anthony Traill and Michel Jackson, 1987. Speaker variation and phonation types in Tsonga nasals, UCLA Working Papers in Phonetics 67, June.

Cao Jianfen and Maddieson I. 1992, "An exploration of phonation types in Wu dialects of Chinese", Journal of Phonetics, 20, 77-92.

Jakobson, R. Fant, G. and Halle, M. 1952. Preliminaries to Speech Analysis: the distinctive features and their Correlates. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Jakobson, R. and Halle, M. 1956. Fundamentals of Language. The Hague: Mouton.

Kirk P.L., Ladefoged P. and Ladefoged J., 1984, Using a spectrograph for measures of phonation types in a natural language, UCLA Working

Paper in Phonetics.59, pp 102-113.

Ladefoged P., 1973, The features of larynx. Journal of Phonetics. 1, pp.73-84.

Ladefoged P., 1988, Discussion of Phonetics: A note on some terms for phonation types, "Vocal Fold Physiology, Vol. 2, Vocal Physiology: Voice Production, Mechanisms and Functions", Raven Press, New York.

Ladefoged P., Maddieson I., and Jackson M., 1987a, Investigating phonation types in different languages, UCLA Working Papers in Phonetics 67, June.

Ladefoged P., Maddieson I., Jackson M. and Huffman M., 1987b, Characteristics of the voice Source, UCLA Working Papers in Phonetics 67, June 1987.

Maddieson I. And Ladefoged P., 1985, 'Tense' and 'Lax' in four minority languages of China, UCLA Working Paper in Phonetics. 60-99. 59-83.

Thongkum T. L., 1987, Phonation types in Mon-Khmer languages", UCLA Working Papers in Phonetics 67, June.

William S-Y Wang, 1991, Explorations in Language, Pyramid Press.

Chomsky, N. and Halle, M. 1968. The Sound Pattern of English. New York: Harper & Row.

语音学田野调查的一些基础理论问题*

Fundamental Issues in Phonetic Field Investigation

孔江平

中文提要：本文从传统语音学的局限性、音位系统的不确定性、历史语言学的宏观指导和声音感知理论的重要性几个方面对田野调查的基本理论问题提出了自己的看法，希望通过讨论，使人们关注语音学田野调查的基础理论和方法论。

关键词：田野调查、语音学、语言学

1、引言

语音学田野调查和语言学田野调查有很多共同之处，但又有各自的特点。语言学的田野调查首先也是要调查语音，整理出来音系，然后记录词汇和语法。在语言学的田野调查中整理音位系统很重要，音系一旦确定，所记录的语言材料都以语音的音位系统为基础，如果音系处理的不恰当，会直接影响到语言资料的真实性和可靠性，但在音位归纳时常常对语音的实际音质考虑的不多，可以认为，语言学田野调查中的语音记录主要是在音位层面。语音学的田野调查重点是放在语音的实际音质方面，但又无法脱离语言学田野调查的基础。在面向语言学的语音学研究中，就两者的关系来说，语言学的田野调查是语音学田野调查的基础，如果没有语言学的基础，不可能进行语音学的田野工作。就目前中国的语言情况来看，语言学的调查已经有了一个很好的基础，大部分语言都已经进行了初步的调查，有了基本的语言资料，如，中国社会科学院民族学与人类学研究所出版的《中国少数民族语言简志丛书》^①，近年来又出版了一系列的民族语言丛书，这些都是语音学研究和语音学田野调查的基础。在语言学研究的基础上，语音学研究的重点是进一步对各种语言的语音特点、语音生理性质、语音声学性质以及语音的语言学

意义进行进一步的研究，最终来解释语言学问题。在语音学和语言学的问题有了很好的研究以后，语音学可以将语音的研究领域扩展到语音声学、语音病理学、司法语音学、语音心理学、语音工程等领域。因此，面向语言学的语音学（linguistic phonetics）是语音学的基础研究，而这种研究又以语言学研究为基础。因此下面将从“传统语音学的局限性”、“音位系统的不确定性”、“历史语言学的宏观指导”和“声音感知理论的重要性”几个方面来谈谈语音学田野调查的基础理论问题。

2、传统语音学的局限性

传统语音学的理论与方法主要是解释语音的发音部位和发音方法以及听音和记音的训练，基于这些概念和技巧，在语音学研究时往往会出现一些问题，例如，在语言学田野调查时，常常会发现对某些语言的语音听不准，因而无从记音或无法准确记音，一个语言或语音学家通过大量的听音和记音训练可能会提高准确性，但实际上对许多人来说并没有本质的改变，这一点证明了传统语音学理论与方法的某些局限性。我们知道语音和声音的性质有着本质的不同，声音是没有社会性和民族性的，属于纯粹自然科学研究的范畴，人们对声音的感知基本是一致的，无论他说何种语言。然而，语音具有社会性和民族性，是以“音位”的形式来感知的，有其感知范畴存在。比如，汉语部分西南官话中的/l/和/n/不分，这是因为它们是一个音位，涉及到语音和语义的关系，进入了语音感知和认知的范畴，虽然这两个音素的声学实体和生理机制上差别很大，但对母语者来说区分这两个音素会十分困难。又如，在调查彝语支语言的语音时，不同的发声类型对很多语言学家来说也很难辨别，这是因为我们的母语中发声类型不具备音位功能，因而不存在感知的范畴，所以在听觉上对发声类型不

*本文研究得到中国社会科学院重大项目“汉藏语声调的声学研究（侗台语卷）”的资助

敏感(孔江平, 2001)。这种影响有时是非常大的, 例如, 母语为粤语的人在刚开始接触汉语普通话时, 无法区分阴平和去声⁽²⁾。这种母语音位系统对语音感知的影响也是当前世界外语教学面对的一大难题, 众所周知, 一个成年人很难学会一种外语而不带母语的口音, 这是因为母语音位系统对听觉系统的制约, 因而听不准是很正常, 并不是语言学家和语音学家的听音记音的能力问题。虽然听音记音是语言学和语音学研究的基本方法, 但还是可以看出传统语音学的理论和方法在语音学田野调查中的缺陷和制约。

3、音位系统的不确定性

在语言学理论方面, 和语音学最接近的是音位学理论, 这里的音位学主要是指结构主义的音段音位学(phonemics)(布洛赫, 特雷杰, 1965; 布龙菲尔德, 1980; 霍凯特, 1986), 这两者之间最主要的区别在于语音学注重的是语音的实际性质, 而音位学注重的是语音的对立关系, 因此, 从语音到音位的变化取决于音位处理原则的取向。由于音位学有很多音位归纳原则, 每个语言学家根据需要会有所偏重, 但总的来说, 以下四条最为重要: 1) 对立性; 2) 相似性; 3) 互补性; 4) 经济性。在这四条原则中, “对立性”必不可少, “相似性”对语音学研究的影响最小, 而和“经济性”及“互补性”比较冲突, 后两者对语音学研究的负面影响较大。

进行语音学的田野调查时, 一般有两种方式: 1) 如果没有目标语言的记音资料和相关研究, 就要首先准备语言学的记音调查, 这样工作量会大很多, 但对语音的实际掌握会比较好, 既在调查过程中就按照语音学的要求来记音和进行音位处理, 这时主要偏重语音的相似性和对立性, 在调查的同时就可以关注语音学研究的语音资料, 进行录音词表的编写。2) 如果已有目标语言的调查资料和相关研究(语音学研究、音系学研究、历史语言学研究、语音和词汇及语法的研究等), 首先要对这一语言音位学处理的原则进行深入细致地分析和研究, 全面掌握该语言的语音系统以及每个音素和音位之间的关系。即使是这样, 在到了该语言的田野调查点后, 也要全面重新调查和校对音位系统,

因为有很多语音的实际情况在音位处理过程中常常会被忽略或者被有意和无意地处理掉了。总之, 在没有亲自调查和校对过音系时, 千万不要认为自己目标语言的语音有了全面真实地了解。

在语音学的研究中, 音位的对立是面向语言学的语音学研究的最终目的, 但这种对立和语言学中的对立并不能完全划等号。众所周知, 根据研究目的的需要, 音位的处理可以多样性(赵元任, 1934), 比如, 根据音处理的原则, 藏语拉萨话的声调, 可以被处理成两个声调、四个调或六个调。如果注重相似性原则, 可以处理成六个调位; 如果注重经济性原则, 可以处理成两个调位; 如果注重互补性、经济性和相似性可以处理成四个调位。由此可以看出, 音位学的理论为语音学的研究提供了一个研究的基础, 但它只是一个基础, 然而语音学完全脱离了音位学其本身也是没有意义的, 那么语音学的意义何在呢? 在语音学的初级研究中, 主要是进行语音性质的生理和声学描写, 目前国内的大部分语音学研究都处于这个阶段。在较为高级的研究阶段, 应该根据生理和声学研究的基础研究语音感知的基本性质。在高级阶段因该研究语音的认知过程, 它包括我们语言学家最关心的音位的心理实体, 在这个阶段, 一种语言或方言的音位系统应该只有一种是最合理的, 而不是多种人为处理形式。综上所述, 音位学的理论是语音学研究必不可少的基础, 但不是语音学的理论基础, 而语音学的研究则可以作为音位学的理论基础, 这一点在语音学的田野调查中必须十分清楚。

4、历史语言学的宏观指导

在语音学田野调查中, 有两个方面是不可避免的, 一个是选词, 另一个是选发音人, 这两个方面往往要基于历史语言学的基础理论和研究成果。在选词和选人方面, 如果对该语言的历史语言学研究了解较多, 同时资料也较多, 选词和选人就会方便很多, 如果这方面的研究成果较少, 资料也很少, 选词和选人会很困难, 语音学研究的结果也很难保证全面。下面就这两个方面进行一点讨论。

汉藏语语言声调的系统往往和声调的来源及演变有密切关系,因而,要想在语音学研究中全面系统地反映整个声调系统的各种情况和性质,就必须根据历史语言学的研究基础来选词,例如,在研究汉语方言的声调系统和双音节变调时,要首先考虑广韵的声调系统;在研究侗台语的声调系统和双音节变调时,要首先考虑侗台语的调类及其组合;在研究藏语声调的起源时,要重点考虑古藏语的声韵母系统,只有这样来选词,才有可能保证声调系统和双音节变调系统的全面而不至于出现遗漏。另外,在历史语言学研究中,我们都知道有词汇扩散理论(王士元,2002),在历史音变中,词汇扩散是普遍存在的,这对语音学的选词十分重要,例如在研究阿里藏语的真性二合元音时就必须考虑真性二合元音在词汇上的扩散(江荻等,1990),只有考虑了二合元音在词汇上的扩散,才能录到真正的真性二合元音用于语音学研究。

在如何选人方面,历史语言学的基础理论非常重要。众所周知,在共时平面,人的年龄不同往往可以反映出语言历史音变过程中的一个片断,根据这一现象,在语音学研究的选人方面就要考虑历史语言学的影响,例如,我们在调查祁连县阿柔乡的藏语时发现,60岁以上有文化的人其口语中保留了大量的复辅音声母,而30岁左右年轻人的复辅音声母已经大量减少,根据这一语言事实,如果语音学研究的是复辅音声母的性质,在选择发音人方面就需要选择年纪较长者担任;如果语音学研究的目的是习惯声调,就可以选择复辅音声母较少的年轻人作为发音人,或者两者都选,这是因为在古藏语中有212个声母,77个韵母(格桑居冕等,2002),但到了现代藏语方言中,安多藏语诸方言复辅音声母最多,大多都在七八十个左右(华侃主编,2001),没有声调只有所谓的习惯调⁽³⁾,而在康方言和卫藏方言复辅音声母减少的更多,但有声调,可以看出藏语历史音变的理论框架是语音学研究的基础。总之,历史语言学可以从宏观上指导语音学研究和语音学的田野调查。

5、声音感知理论的重要性

语音是一种特殊的声音,从心理物理学

的理论看,声音的感知主要基于人的听觉神经系统和大脑的感知,声音的感知规律和特性是全人类共有的,不具有民族性。声音的感知和声音的物理量之间有一定的关系,但这种关系不是简单的线性关系,因而有了不同的声音感知单位,如音高的声学单位是“基频”,而感知单位是“美”;音强的声学单位是“分贝”,而感知单位是“方”。除了声音的物理量和感知量之间的关系外,时长在声音的感知中也起着非常重要的作用。从声音感知的基础理论来看语音学的研究,可以发现许多很重要的语音性质,它不仅可以指导语言学的调查,也可以指导语音学的研究。下面从声音感知的基本概念来讨论一下语音学田野调查应该注意的问题。

在研究汉藏语的声调时,由于有带塞尾的音节,导致音节时长很短,对于这些音节的音高变化是很难正确记音的,这是因为声音的时长太短会导致听觉上的困难,并不是语言学家听音记音的能力问题,因而出现不同的语言学家记成不同的声调调值也很正常,在这种情况下利用声学分析进行声调的确定和描写就显得非常必要。在研究声调时,还常常会出现这样的情况,听感上是一个平的调,但做出基频曲线发现是曲折的调型;有时明明可以听出音调高低的变化,但频率值却变化不大。这些现象的出现都和声音的时长有关,一个下降的基频曲线,如果音长较长,即使其频率值下降了许多赫兹,也不一定就能感知得到,这是因为基频曲线的斜率较小。相反,如果音长较短,即使基频降的不是很大,但由于基频的斜率较大,因此也会被感知到。涉及到声音感知的方面还有许多,如,塞音 VOT 的感知、元音的感知等等。总之,从声调的例子可以看出,声音感知是语音学研究和语音学田野调查的科学基础。

6、结束语

语音学田野调查是语音学研究的基础,它涉及到了许多其它相关学科的基本理论问题,现代语音学是公认的交叉学科,大量采用了自然科学的实证方法,如,声学、医学、心理学、言语工程等等,同时也涉及到了其它相关学科的理论基础,形成了现代语音学

的理论体系，只有用这些基本的理论指导语音的田野调查，才能得到真正可以用于研究的语音资料。传统语音的基本概念和方法是语音学研究的基础，但同时一定要认识到它在理论和方法上的局限性，例如，以前听音记音不够准确时，往往认为是语音学家的训练不够所致，但现在人们知道这并不但是语音学训练的问题，虽然目前还不太清楚为什么，但事实证明有些人经过训练能提高听音记音的能力，而有些人可能一辈子都分不清某些语音的差别。这是语音感知和认知研究的大课题，这项研究一旦能突破，在外语的教学方面有重大的理论和实际意义，用这种观念指导语音的田野调查才能科学而不主观地进行田野工作。面向语言学的语音学研究主要还是解决语言学的问题，语音学是音位学的基础，音位的归纳主要基于对语音的准确描写，然而，语音学研究方法和理论的提高，特别是语音感知和认知研究的发展以及功能性核磁共振（fMRI）用于语音感知大脑成像研究的发展，为从语音学的角度研究音位的心理实体提供了更为科学的方法，也为建立更为科学的音位学理论体系奠定了坚实的基础。人类语言是通过语音来进行交际的，是大脑的活动，因而，语音学和音位学正在成为脑科学研究的一个重要组成部分，这些发展势必会改变“语音田野调查”的方法和内涵。现在历史语言学研究主要是基于文献和方言的资料来进行对应规律的研究，随着语音学研究的发展，语音及其演变的自然性（naturalness）和普遍性（universal）会越来越被重视，语音学的研究也会越来越重视语音的内在属性和演变的必然性，在理论上不仅仅是研究语音的“演变规律”，而是研究语音的“进化规律”，这些都向语音的田野调查提出了新的要求。声音感知是心理物理学研究范畴，有很稳固的科学基础，如果没有这方面的研究，语音学很难科学地发展和进步，例如，利用声学分析研究声调时，往往会用基频换算成五度值作为声调的科学依据，但有些听觉上的降调在基频数据上会在一度之内，这说明仅仅用声学数据并不一定能等得出科学的结论。总之，只有弄清楚了语音学田野调查的一些基本理论问题，才能认识到田野调查的内涵，从而推动语音学

的研究。

⁽¹⁾ 《中国少数民族语言简志丛书》从八十年代开始由北京民族出版社陆续出版。

⁽²⁾ 这项研究是北大中文系一名香港交换本科生做的一项语音听辨实验研究，有关资料未还未发表。

⁽³⁾ 关于习惯调只是语言学家的一个笼统的说法，这方面还需要进一步研究，我们已经调查了6个安多藏语在进行语音学的研究。

参考文献：

布龙菲尔德，（1985）《语言论》，商务印书馆，北京，87页

布洛赫 B.，特雷杰 G. L.，（1965）《语言分析纲要》，商务印书馆，北京。

格桑居冕，格桑央京，（2002）《藏语方言概论》，民族出版社，北京。

霍凯特 C. F.，（1986/1987）《现代语言学教程》（上、下），北京大学出版社，北京。

华侃主编，（2001）《藏语安多方言词汇》，甘肃民族出版社，兰州市，5-38页。

江荻，孔江平，（1990）“藏语合音现象的词汇扩散分析”，《民族语文》，第2期，71页。

孔江平，（2001）《论语言发声》，中央民族大学出版社，北京。

王士元，（2002）《王士元语言学论文集》，商务印书馆，北京。

赵元任，（1985）“音位标音法的多能性（1934）”《赵元任语言学论文集》，商务印书馆，北京。

北京大学中文系 汉语语言研究中心

Email: jpkong@pku.edu.cn

从声道形状推导普通话元音共振峰*

Formant Prediction from Vocal Tract of Mandarin

汪高武 孔江平 鲍怀翘

[摘要] 本文研究如何从X光录像提取声道形状,并推导声道传递特性。首先根据汉语普通话发音的X光录像,设计了一种自动提取清晰边缘结合手工标记模糊边缘的方法,来提取声道边缘。并首次采用Mokhtari (1998)的方法,推导出汉语普通话主要元音的共振峰频率和带宽,计算结果与实际测量值和前人的结果做了比较,减小了误差。为验证结果的有效性,根据计算出来的共振峰数据进行了语音参数合成,结果表明合成语音符合相应的元音音色。

[关键词] X 光录像 声道 普通话元音 共振峰

1 简介

在语音生理研究领域,如何从声道形状推导出声道的传递特性,是一项重要的研究内容。随着科学技术的进步,可以通过X光、超声波、螺旋CT、核磁共振(MRI)等各种手段获取声道的形状,然后根据声道形状(主要以声道的截面积来表述),推导传递特性。

1.1 X 光录像中声道形状的提取

X 光录像虽然有辐射危害,但相对于其他测量技术来说,可以获得实时动态的、以及整个声道侧面的边缘形状,具有独特的优势。但是,如何提取其模糊的声道边缘,是本领域也是图像处理中的经典问题。

Tiede (1994) 采用 snake 算法追踪 X 光录像的声道边缘,其效果一般。Berger, Laprie (1996) 结合 snake 算法和速度场法提取舌形曲线,效果有较大提升。Thimm, Luettin (1999) 则加入了直方图归一化技术和区域分割法,来提取声道边缘,做了不少改进。虽然如此,在边缘较为模糊的部位,也还是很难准确提取声道的边缘。

Fontecave, Berthommier (2006) 采用了另外一种方式,结合 retromarking 算法和手工调整关键帧,

进行声道边缘提取。并与 Thimm, Luettin (1999) 的方法做了比较,两者之间偏差 6.8 像素,与手工标记误差各为 8 像素和 20 像素(舌头曲线长约 250 像素)。这种方式标记的精读有所提高,但是技术比较复杂,声道的细节处反映得不够,而且对于 X 光录像质量不好的情况,也无能为力。

1.2 声道传递特性的计算

从 X 光录像提取出声道形状后,需要根据声道的截面积,推算出声道的传递特性,也即声道传递函数的共振峰和带宽等特性。目前的主要方法有:

一、求解声波传播方程

管中的声波满足以下传播方程。

$$\begin{aligned} -\frac{\partial p}{\partial x} &= \rho \frac{\partial (u / A)}{\partial t} \\ -\frac{\partial u}{\partial x} &= \frac{1}{\rho C^2} \frac{\partial (pA)}{\partial t} + \frac{\partial A}{\partial t} \end{aligned}$$

虽然该方程组的闭式解只能在最简单的情况下求出,但数值解总是可以得到的。Rabiner (1978) 计算了几个俄语主要元音的前五个共振峰的频率和带宽,与从实际语音测得的数据吻合得很好。Rabiner 同时也指出,这样做是最精确的方法,但如此细致既不实际也是不必要的。

二、单元声管等效电路级联法

随着电子技术的发展,人们开始根据电声类比,把声道等效为一传输线电路网络,把问题转换为计算电路的传递特性。

我们可以把声道看作成一小段、一小段相连接的管道,每一段都有其声阻、声顺和声质量,可类比为一个个等效的 T 型网络,这样我们就可以用一系列截面积不同的彼此相联的单元声管来近似,并类比为一个个级联的 T 型网络,这样就可以求出其传输函数或阻抗转移函数,从而得知声管的频率传输特性。

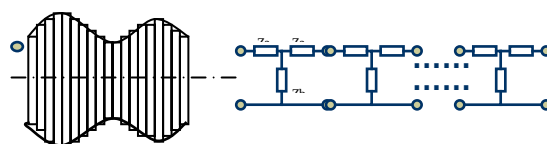


图 1: 级联声管等效为级联电路

* 本研究由北京大学 985 子项目“汉语普通话语音多模式研究”资助。

历来的研究中，常把单元声管假设为柱形（Atal1978，Mokhtari1998）、圆锥形（Adachi1999，Takemoto2006）或者其他形状，来推导出单元声管的声学传递特性。

根据单元声管的阶数不同，有简化的1、2、3、4节模型（Fant1960、Flanagan1972），随后就趋向于更复杂的多节模型。Liljencrants, Fant（1975）提出了阻抗相移法。随后 Fant, et al(1976)和 Lonchamp（1983）提出了相关的修正公式。Rabiner(1978)介绍了传递矩阵法。这些方法因为没有记入损耗，所以只能计算共振峰的频率值，无法得出相应的带宽。

随着研究的进步，各种损耗因素也被考虑进来，包括声道的粘滞和热导损失、壁阻抗、声门阻抗、辐射阻抗等（Fant1960，Flanagan1972，Wakita, Fant1978）。这些损耗因素的引入，使得求出共振峰带宽成为可能，对传递特性的计算也更加准确。

Mokhtari（1998）利用 Atal(1978)中的方法，建立了一个考虑损耗的级联模型，计算日语元音的声道传递特性，取得了较好的结果。Takemoto（2006）根据 MRI 得到三维声道形状，采用 Adachi, Yamada (1999)的方法，计算出日语元音的共振峰频率误差仅 4.5%。

目前，对于汉语普通话的这类研究比较少。只有鲍怀翘（1983）采用阻抗相移法，祖漪清（1983）采用传递矩阵法，在假设无损耗的前提下，初步计算了汉语普通话几个主要元音的共振峰频率。目前还没有类似于针对日语那样，计入各项损耗，计算出汉语普通话元音的共振峰频率和带宽。

2 计算过程和方法

2.1 声道形状的提取

本文根据社科院语言所拍摄的汉语普通话 X 光录像，在自编的 Matlab 程序平台上，对声道形状进行标记。

跟 Fontecave, Berthommier（2006）和 Thimm, Luettin（1999）两类方式有所不同，本文根据汉语普通话 X 光录像的实际情况，设计出了一种机器手工结合的标记方法，并编制了程序，标记的示意图见图 2。首先对 X 光图像进行直方图均衡处理，使声道边缘更加凸显。对于双唇、上颚、下巴等边缘清晰的地方，采取 canny 算子进行自动跟踪边缘；对于舌头、小舌、喉壁等边缘模糊的地方通过标记程序采取手工标记的方法提取边缘。比起前述的方法，工作量较大，但精读也最高（因为我们设定手工判断模糊边缘最准确）。对于数量不多的元音样本，还是适用的。

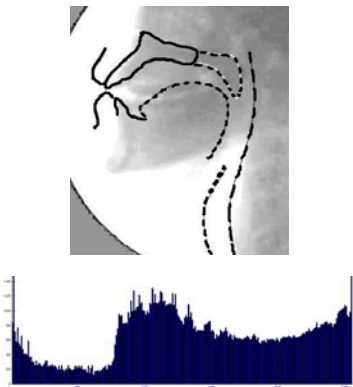


图 2：上为提取的声道边缘曲线。实线为自动提取，虚线为手工标记；下为直方图，针对直方图的信息进行处理，可使图像的特定部分更加清晰

对声道的标记完成后，从喉头到唇端，把声道分成 18 段，测得各单元段的直径尺寸，也即矢状线段长度。接着如何从声道的侧面尺寸推出声道的截面积呢？祖漪清（1983）采用自己总结的经验公式，从声道矢状线段长度 D 推出截面积 A。鲍怀翘（1983）采用的是 Ladefoged 的经验公式：

$$\begin{cases} A = 2.50 \times D^{1.2}, & \text{口腔} \\ A = 3.20 \times D^{1.30}, & \text{上咽腔} \\ A = 3.62 \times D^{1.3}, & \text{下咽腔} \end{cases}$$

本文采用该经验公式，但需要注意的是，由于亚洲人的体型与欧美人有所不同，这样会带来一些误差。计算的结果见表 1。

表 1：元音声道矢状半径线段长度（单位：cm）和声道截面积（单位：cm²）

段数	矢状线长度 D			声道截面积 A		
	a	i	u	a	i	u
1	1.92	1.05	0.17	4.55	2.2	0.25
2	2.27	0.61	0.26	5.57	0.77	0.41
3	2.62	0.35	1.83	6.61	0.58	4.31
4	3.05	0.26	2.62	7.95	0.41	6.61
5	2.62	0.44	1.92	6.61	0.58	4.55
6	2.27	0.52	1.66	5.57	0.58	3.82
7	1.92	0.78	0.87	4.55	1.15	1.77
8	1.40	1.40	0.52	3.11	1.98	0.95
9	1.05	1.66	0.44	2.2	5.31	0.77
10	0.70	1.74	0.44	1.68	6.01	0.92
11	0.61	1.92	0.52	1.42	6.36	1.17
12	0.87	2.09	0.96	2.22	6.36	2.51
13	0.96	2.01	1.05	2.51	6.01	2.8
14	0.96	1.40	1.13	2.81	4.58	3.5
15	1.05	1.05	0.87	3.15	3.15	2.49
16	1.05	0.78	0.78	3.15	2.17	2.17
17	0.87	0.87	0.78	2.49	2.49	2.17

18	0.96	0.70	0.96	2.81	1.86	2.81
----	------	------	------	------	------	------

2.2 声道的传递特性

得到声道截面积数据后，就要计算声道传递特性的共振峰频率和带宽。对于汉语普通话，只有鲍怀翘（1983）和祖漪清（1983）初步计算了几个主要元音的共振峰频率，这离我们的要求还有一定的距离。

本文首先采用阻抗转移法，计算了汉语普通话几个主要元音的共振峰频率。因为阻抗相移法无法计算带宽，所以本文采用经验公式来推导。从共振峰频率到带宽，有三套经验公式（Fant1972，Fant1985），本文选取对于前三阶共振峰频率最精确的一组：

$$B1 = 15(500 / F1)^2 + 20(F1/500)^{\frac{1}{2}} + 5(F1/500)^2$$
$$B2 = 22 + 16(F1/500)^2 + 12000/(F3 - F2)$$
$$B3 = 25(F1/500)^2 + 4(F2/500)^2 + 10F3/(F4 - F3)$$

其中， F_{4a} = 3700（女性）或 3400（男性）。

为了与之对照，本文还首次采用了 Mokhtari（1998）中的方法，来推导计算汉语普通话元音的声道传递特性，计算出共振峰频率和带宽，元音 u 的例子可见图 3。

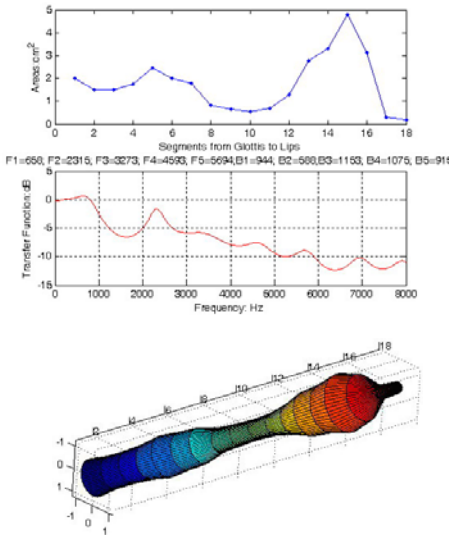


图 3：上为从声门到唇的声道截面积，中为传递特性曲线，下为根据截面积画出的声道模型（元音 u）

3 结果分析

3.1 共振峰频率和带宽

本文两种方法计算所得的共振峰频率和带宽，跟 DCT 和 LPC 法从 X 光录像的同步录音中提取的共振峰频率，以及前人研究的几个典型值，都列在表 2 中。

另外，为比较结果，元音 a、i、u 前 n 阶共振峰与实测值的偏差 E 也列在表 2 中，其中 n 取 2，这是为了结果之间能互相比较，而且前两阶共振峰对于元音的音色来说最为重要。

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{F(i) - Fdct(i)}{Fdct(i)} \right)^2}$$

表 2：各语种不同方法计算出的共振峰特性和实测值比较（单位：Hz）

（表中，Ru 指俄语，Sw 指瑞典语，Ma 指普通话，Ja 指日语，Calc 指计算值，Meas 指实测值，B 指 BESK 计算机，L 指模拟计算电路 LEA，ZT 指阻抗转移法，Mo 指 Mokhtari 的方法，Ta2006 指 Takemoto2006，Wang 指本文的测算结果）

		F1	F2	F3	F4	F5	B1	B2	B3	B4	B5	误差 E
a	Fant1960/Ru/Calc/B	616	1072	2470	3410	3820						
	Fant1960/Ru/Calc/L	630	1072	2400	3550	4000						
	Fant1960/Ru/Meas	700	1080	2600								
	Fant1972/Sw/Meas	760	1360	3000			44	66	120			
	Bao1984/Ma/Calc	621	1263	2596	3428	4204						0.3320
	Bao1984/Ma/Meas	928	1300									
	Badin1984/Ru/Calc	706	1109	2472	3625	4146						
	Ta2006/Ja/Calc	590	1385	2505	3305							
	Ta2006/Ja/Meas	581	1078	2629	3192							
	Wang/Ma/Calc/ZT	780	1465	2860	3749	4992	55	66	107	189	312	0.1464
	Wang/Ma/Calc/Mo	668	1885	2867	3899	4924	180	455	481	707	624	0.4065

	Wang/Ma/Meas/LPC	913	1444	3647	4246		107	56	29	35		
	Wang/Ma/Meas/DCT	927	1315	3705	4286		228	291	210	257		
i	Fant1960/Ru/ Calc/B	222	2244	3140	3700	4655						
	Fant1960/Ru/ Calc/L	230	2220	2970	3570	4400						
	Fant1960/Ru/Meas	240	2250	3200								
	Fant1972/Sw/Meas	345	2026	3100			55	41	105			
	Bao1984/Ma/Calc	219	2222	3311	3907	4740						0.4215
	Bao1984/Ma/Meas	328	3000									
	Badin1984/Ru/Calc	302	2286	3118	3732	4756						
	Ta2006/Ja/Calc	250	2145	3110	3365							
	Ta2006/Ja/Meas	272	2041	3004	3303							
	Wang/Ma/Calc/ZT	388	1985	2991	3721	5104	59	44	120	261	453	0.3693
	Wang/Ma/Calc/Mo	425	1784	2833	3905	5015	525	319	530	833	945	0.4377
	Wang/Ma/Meas/LPC	398	3143	3811	4404	5513	13	55	62	82	241	
	Wang/Ma/Meas/DCT	324	2822	3813	4415		152	147	600	259		
u	Fant1960/Ru/ Calc/B	231	615	2375	3320	4000						
	Fant1960/Ru/ Calc/ L	240	610	2370	3400	3950						
	Fant1960/Ru/Meas	300	625	2500								
	Fant1972/Sw/Meas	365	690	2700			96	60	70			
	Bao1984/Ma/Calc	304	827	2614	3756	4710						0.4658
	Bao1984/Ma/Meas	428	606									
	Badin1984/Ru/Calc	316	636	2385	3711	4058						
	Ta2006/Ja/Calc	305	1565	2285	3330							
	Ta2006/Ja/Meas	325	1517	2242	3190							
	Wang/Ma/Calc/ZT	426	827	2470	3650	4671	56	41	49	138	198	0.0602
	Wang/Ma/Calc/Mo	658		2315	3273	4593	944		588	1153	1075	0.5996
	Wang/Ma/Meas/LPC	417	783	3677	4202	5512	24	58	86	12	1458	
	Wang/Ma/Meas/DCT	345	755	3446	4136		141	219	123	127		
aiu 合 计	Bao1984/Ma/Calc											1.2193
	Wang/Ma/Calc/ZT											0.5759
	Wang/Ma/Calc/Mo											1.4438

从表中可以看出，对于汉语普通话，本文采用阻抗转移法所计算出来的共振峰频率的误差减小了近一半，而且还推算出来了各阶共振峰的带宽。

此外，本文还推出了在考虑损耗的情况下，汉语普通话主要元音的共振峰频率和带宽。比起阻抗转移法，计算出来的共振峰频率误差要大一些，且对于元音 u 来说，因为第一第二共振峰非常接近，其声道传递特性的包络无法分离两者，此处就体现了 Mokhtari 的方法的局限性。对于共振峰的带宽来讲，两种方法计算出的带宽与 LPC 和 DCT 法计算出来的带宽偏差都比较大，一方面也是因为后者本身带来的误差就比较大。这需要在语音合成的实际应用中加以比较和调整。

3.2 语音合成实验

因为实际上用来测算元音共振峰实际值的 LPC 和 DCT 法都有自身的偏差，所以为了验证本文理论推导值的有效性，需要用语音合成实验来验证。本文在北京大学语音实验室编写的平台 Phoneticslab 程序上进行了语音合成实验：

- 1. 用 LF 模型作为声门激励信号，进行串并联共振峰参数合成。合成出来的元音，听感上都符合三个元音各自的音色。
- 2. 采用真实的语音作为源信号，提取残差后进行合成，都符合三个元音各自的音色，听感上也比较像自然语声。

4 讨论和小结

本文采用一种直方图预处理、机器提取清晰边界结合手工标记模糊边界的方法，在从汉语普通话发音的X光录像提取声道边缘的难题上走出了自己的第一步。

本文推导出普通话三个主要元音 a、i、u 的共振峰频率和带宽，计算结果与实际测量值和前人的结果做了比较，误差大为降低。并进行了语音合成实验，结果表明都符合三个元音各自的音色。

本文是一个初步的尝试，以后需要解决的关键问题有：

1. 从边界模糊的 X 光录像中获取精确的声道形状，并减少手工标记的劳动量。
2. 进行核磁共振的拍摄，获取立体的声道形状，以得出适合于亚洲人体型的声道截面积经验公式。
3. 完善理论推导方法，从声道形状推出更准确的共振峰频率和带宽。

这些都需要在以后的研究工作中加以解决。

参考文献

- Adachi and Yamada (1999). "An acoustical study of sound production in biphonic singing xoomij", JASA, 105:2920-2932
- Atal, et al. (1978). "Inversion of articulatory-to-acoustic transformation in the vocal tract by a computer-sorting technique", JASA, 63: 1535-1555.
- Berger and Laprie (1996). "Tracking articulators in Xray images with minimal user interaction: example of the tongue extraction" In Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Vol.2:289-292
- Badin and Fant (1984). "Notes on vocal tract computation", STL-QPSR 25(2-3):53-108
- Chiba and Kajiyama (1941). *The Vowel-Its Nature and Structure*, Tokyo
- Fant (1960). *Acoustic Theory of Speech Production*, Mouton, 's-Gravenhage, The Netherlands.
- Fant (1972). "Vocal tract wall effects, losses, and resonance bandwidths", STL-QPSR, 13(2-3):28-52
- Fant (1975). "Vocal-tract area and length perturbations", STL-QPSR, 16(4):1-14
- Fant (1985). "The vocal tract in your pocket calculator", STL-QPSR 1:001-019
- Fant, Nord, and Branderud (1976). "A note on the vocal tract wall impedance," STL-QPSR, 17(4)
- Flanagan (1972). *Speech Analysis Synthesis and Perception* Spinger, New York
- Lonchamp, Zerling, and Lefevre (1983). "Estimating vocal

tract area function: A progress report", Proc. of 10th Inter Cong. of Phonetic Sciences, 277

Liljencrants and Fant (1975). "Computer program for VT-resonance frequency calculations", STL-QPSR, 16(4):015-020

Mokhtari (1998). "An acoustic-phonetic and articulatory study of speech-speaker dichotomy," Ph.D. dissertation, UNSW, Australia

Rabiner and Schafer (1978). *Digital rocessing of Speech Signal*, Prentice-Hall, 1978.

Takemoto (2006). "Measurement of temporal changes in vocal tract area function from 3D cine-MRI data", JASA, 119(2):1037-1049

Thimm and Luettin (1999). "Extraction of Articulators in X-Ray Image Sequences", Proceedings of the ECSCT

Wakita (1973). "Direct Estimation of the Vocal Tract Shape by Inverse Filtering of Acoustic Speech Waveforms," IEEE Tran. Audio Electroacoust. AU-21:417-427

Wakita and Fant (1978). "Toward a better vocal tract model", STL-QPSR, 19(1):9-29

鲍怀翘, 1983, 声道面积函数和共振峰频率的初步报告, 《语音研究室语音研究报告 1983-1984》, 中国社会科学院语言研究所

吴宗济等, 1989, 《实验语音学纲要》, 高等教育出版社

祖漪清, 1983, 发音参数合成元音的初步研究, 《语音研究室语音研究报告 1983-1984》, 中国社会科学院语言研究所

(汪高武 北京大学中文系

孔江平 北京大学中文系, 汉语语言学研究

jp.kong@pku.edu.cn

鲍怀翘 社科院民族所)

新闻朗读的呼吸节奏初探*

A Preliminary Study on Breathing Rhythm in Newspaper-reciting

谭晶晶 孔江平

Abstract: This paper is a preliminary study on breathing rhythm in newspaper reciting. We came upon some conclusions by analyzing the EMG signals: (1) From the aspect of large prosodic units, the fluent speech can be divided into three hierarchies of breath-units. Generally speaking, the large, the middle, and the small breath group respectively correspond to paragraph, compound sentence and clause or constituent. (2) A breath-reset always corresponds to a break while a break does not always correspond to a breath-reset. (3) The way the curves of the breathing signal reach the maximum is different and it may reflect the structure of the discourse. (4) The structure of breath-groups may both reflect the speaker's cognitive plan of the contents and the restriction of physiological mechanism. *

Key words: newspaper-reciting, breathing rhythm, breath-units, physiology, cognize

提要 本文运用肌电脑电仪和呼吸带传感器记录并分析了发音人朗读 40 篇新闻语料时呼吸节奏的变化,得到了以下几点初步结果:(1)从语篇中大尺度信息单元的角度着眼,可以将语流分为三级不同大小的呼吸单元,一般说来,大呼吸单元对应于自然段,中呼吸单元对应于复句,小呼吸单元对应于分句或句子成分。(2)语流中有呼吸重置的地方必然有停顿,但是有停顿的地方却不一定有呼吸重置。(3)处于语篇不同位置的呼吸单元中呼吸曲线达到该呼吸单元最高值的方式并不一样,这说明语流中的呼吸单元的构造体现了语篇的组织架构。(4)呼吸结构可以反映人们对表达内容的整体认知规划,同时它也反映了人们生理机能的制约。当认知规划和生理机制发生冲突的时候,就会出现比较特殊的呼吸结构。

关键词 新闻朗读 呼吸节奏 呼吸单元 生理 认知

一、引言

在关于汉语语流韵律特征的研究中,韵律单位的切分和层级构造一直是研究的热点。由

于语流的韵律构造是一个复杂的过程,它受到生理、心理、语法等各个方面的制约,因此研究者的角度也各不相同,有的学者从音系学的角度出发,探讨语音和句法的接口问题(如王洪君(2000、2002)、初敏等(2004)等),有的学者先根据人们的感知确定各级韵律单位,再研究各级韵律单位边界的声学表现(如杨玉芳(1997)、王蓓等(2003、2004)、熊子瑜(2003)等)。

从生理的角度出发,Liberman(1967)在对英语进行研究时提出了一个“呼吸群(breath-group)”的理论,认为人们是通过呼吸群来产生和感知语调的,呼吸群分为有标记的和无标记的两种。在无标记的呼吸群中(如述句),随着人们说话时肺部气流的呼出,声门下压力会逐渐下降,这就导致了音高的逐渐下降。在有标记的呼吸群中(如疑问句),声带肌的紧张度提高,这就抵消了声门下压力逐渐下降所造成的音高下降。郑秋豫近年来的研究也提到¹,人们的口语语流在实现时受到生理机制(呼吸调节)的制约。她提出的汉语口语语流韵律架构从上到下可以分为“语段与韵律句群→呼吸群→韵律短语→韵律词”这四级,其中呼吸也是划分韵律层级的重要线索。

呼吸群的理论可以有效地解释语流在实现过程中受到的生理因素的制约,也能有效地解释语流中的音高下倾现象,可是目前完全从生理(呼吸)的角度对汉语语流的韵律单元进行划分的研究还没有见到,这可能是由于受到实验设备的限制,呼吸的信号不如声学信号那样易于记录和分析,也可能是由于语音合成最终要靠调节声学参数来实现,而现在也还没有研究结果能揭示呼吸的参数怎样和声学参数联系起来。现在可以利用肌电脑电仪和呼吸带传感器将呼吸信号精确的显示出来,因此我们对新闻朗读中呼吸节奏的变化做了一些分析,

*本项研究由北京大学 985 子项目(汉语普通话语音多模态研究)资助。

¹ 根据郑秋豫(2005)在北京大学的讲座中对其近年来工作的总结报告

试图寻找人们朗读时呼吸节奏的类型,探讨呼吸节奏和韵律结构的关系。

二、实验说明

2.1 实验语料

随着语音合成技术的进步,人们不再满足于合成简单的短句,而是进一步试图合成较长的语篇,因此对语篇的韵律特征的研究也已经提上了日程。王蓓等(2005)的研究探讨了语篇中大尺度韵律单元的声学线索,郑秋豫(2005)也明确出口语语流单位为多短语句群,而非单一语句或短语,她还提出,多短语句群受到自上而下的管辖制约,人们在说话时还要除了受到发声器官和生理机制的制约外,还要受到认知能力的限制,也就是说,人们在说话之前要对所说的内容做一个规划,划分韵律单元的时候应该也会考虑到内容的完整性和语法的限制。基于上述的认识,本次实验选取了40篇较典型的新闻语料,每篇语料都是对某一事件的完整报道,每篇语料大约250字,一般分为2-4个自然段。利用这样的语料,我们可以探讨语篇的韵律结构,也可以考察人们在表达某一个相对复杂的完整内容时,是如何通过对呼吸节奏的调节来表现出他们对内容的规划的。

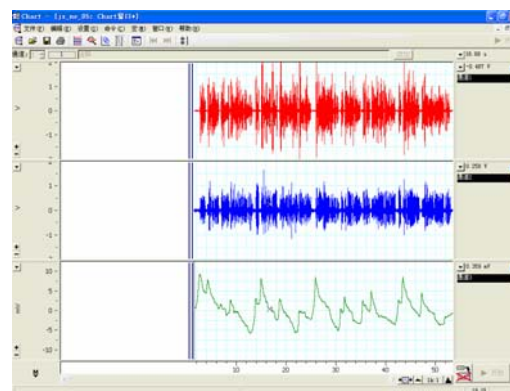
2.2 发音人

本次实验的发音人是北京大学电视台的一位新闻播音员,女性,22岁,语音纯正,受过较好的新闻播音训练,有较丰富的新闻播报经验,因此她的发音应该能较好的反映出新闻朗读的特点。

2.3 实验设备

本次实验的录音工作于2006年3月在北京大学中文系的隔音室进行,录音使用的主要设备是澳大利亚PowerLab公司的生产的肌电脑电仪,录音和分析软件是肌电脑电仪自带的Chart5。Chart5一共可以采集16路信号,本次实验采集了3路信号:第一路是通过麦克风采集的声音信号,第二路是通过电子声门仪(EGG)采集的嗓音信号,第三路是通过MLT1132呼吸带传感器采集的呼吸信号,如图1所示:

图1 用Chart5采集的三路信号



呼吸带传感器可以测量呼吸导致的胸部收缩扩张的变化,本次实验是将呼吸带传感器系在发音人的胸部,由压电设备检测出发音时呼吸带长度的变化,从而获得呼吸节奏的信号。通过肌电脑电仪,把由呼吸导致的电压值变化反映在二维图谱上,横轴是坐标,纵轴是振幅,振幅的变化对应呼吸的变化。呼吸曲线上升表示吸气,下降表示呼气。

根据上述的实验方法,我们得到了40篇新闻语料的语音、嗓音和呼吸信号,本文的分析主要利用了语音和呼吸两种信号。

三、实验结果

3.1 呼吸单元的层级及其和语义完整性的关系

图2是我们从实验中挑出的一段比较典型的呼吸信号图,从图中我们可以看到,呼吸信号按照呼吸重置幅度的大小,可以明显地分出三个层次,我们分别称其为一级重置(最大的重置)、二级重置(中等的重置)和三级重置(小重置),在文本中我们将这三级重置分别标记为/1、/2、/3。根据呼吸曲线变化幅度的大小,我们可以将语流分成三种呼吸单元:大呼吸单元、中呼吸单元和小呼吸单元。由于还没有找到合适的分析软件,我们暂时根据Chart5第3通道中显示的绿色小方格作为量化呼吸曲线变化的标准。大致说来,一个大呼吸单元中呼吸曲线的最高点和最低点之间大约相差3个方格以上的高度,一个中呼吸单元中呼吸曲线的最高点和最低点之间的高度差大约在2-3个方格之间,一个小呼吸单元中呼吸曲线的最高点和最低点之间的高度差大约在2个方格以下。

图2 呼吸单元的层级

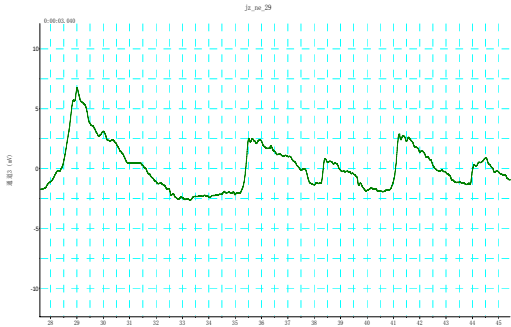


图 2 文本：/1 据联想介绍，此次上市活动以冬奥会举办城市意大利都灵为发布会的主会场，/2 并在纽约、伦敦、巴黎、悉尼、/3 新加坡等 10 个城市先期发布，/2 随后在全球 45 个国家和地区/3 进行推广和销售。

将文本和图 2 中的呼吸曲线进行对照，我们可以发现三级呼吸单元分别和不同大小的语义单元相对应。大呼吸单元对应整段话，也就是对应着最大的意义单元，表达了一个最完整的意思，在这个大呼吸单元中包含三个中呼吸单元，每个中呼吸单元对应一个分句，即一个中等的语义单元，小呼吸单元则对应分句中的某个句子成分，即最小的语义单元。

根据我们对 40 篇语料的分析，我们发现：

1. 一般说来，一篇语料中有几个自然段，呼吸信号就可以分成几个大呼吸单元，也就是说大呼吸单元大致是和自然段对应的。例如图 3 的语料是一篇有四个自然段的新闻，呼吸信号可以很明显的分成 4 个大呼吸单元，而图 4 的语料是一篇只有两个自然段的新闻，呼吸信号可以分成 2 个大呼吸单元。在每个自然段的开始处，呼吸信号会较快地上升到这个呼吸单元的最高处，至于它是通过一次一级重置达到最高处，还是通过二级或三级重置的叠加达到最高处，可能根据具体情况有所不同，这个我们将在 3.3 中介绍。

图 3

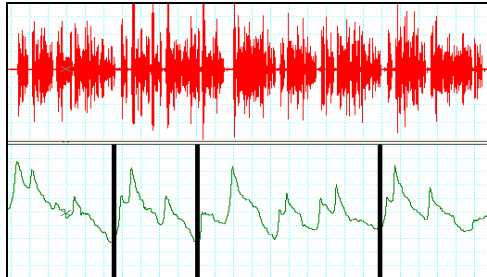
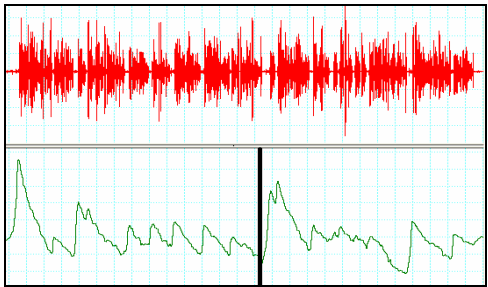


图 4



2. 一个自然段中的每个句子(多为复句)，很多可以划成一个中呼吸单元，但是这种对应不如（1）中的对应那么严密，这是因为发音人可能会受到语料文本的影响，一个句子中间如果有一个成分或分句字数比较多，发音人为了一口气将它念完，不管这个成分或分句是否出现在句首，都可能会有一个二级的呼吸重置。这样中呼吸单元的数量就会比句子的数量要多。

3. 小呼吸单元里只有一个 3 级呼吸重置，每个小呼吸单元大概对应一个句子成分或韵律短语，小呼吸单元出现的情况比较自由，但是每个小呼吸单元中的字数比较稳定。

从上面的分析中我们可以看出，就每个呼吸单元表达内容的完整性而言，大呼吸单元>中呼吸单元>小呼吸单元，但是就每个呼吸单元中包含的字数的稳定性而言，则是小呼吸单元>中呼吸单元>大呼吸单元。

呼吸单元的这些特点可以体现出人们对语流韵律单元的规划。人们一般是倾向于把一个完整的意义放在一个韵律单元里实现的，在说话时人们可以通过调节呼吸节奏保证语义表达的完整性，如果有些句子过长，超出了人们认知规划的范围或生理功能的极限，人们在规划韵律结构时就有可能失误，导致呼吸单元和语义单元不对应的情况，如图 5 所示：

图 5 呼吸单元和语义单元不对应的例子

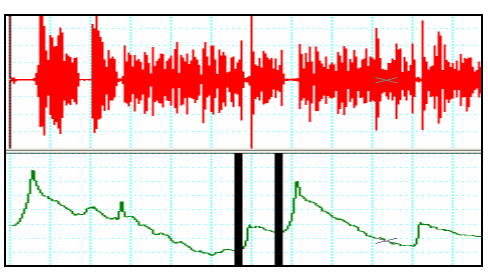


图 5 文本：新华网哈尔滨 2 月 28 日电：2 月 28 日上午，黑龙江省教育厅向全省中小学免费发放了近 26 万册《安全教育读本》，[供中小学生学习使用。][黑龙

江省教育行政部门希望借此增强中小学生的安全意识和防范意识，唤起全社会对中小学生生命安全的重视。

这段话从文本上看应该以“供中小学生学习使用”这个分句后的句号为界，分为两个单元。但是呼吸单元的界限却在这个分句之前。这很可能是因为这个分句之前的那个分句太长（有 30 个字），发音人在说完这个分句时，肺中的气流已经降到了最低值，所以不得不赶快吸一口气，而“供中小学生学习使用”这个分句比较短，说完这个分句，刚才吸的那口气还用不完，在这口气的基础上只要再吸一小口气，就可以满足下一个较长分句（30 字）的需要，因此就形成了如图 5 所示的呼吸曲线。这样的结果也印证了郑秋豫提出的“在语流中，有意义的边界效应可能对应或不对应于标点符号和句法边界”的观点。

3.2 呼吸与停顿的关系

一般人们认为，语流中的停顿是出于生理的需要，因为除了少数的语言中有吸气音之外，大多数的语言都是呼气音，也就是说，人们一般都是在呼气的时候才能说话。可是人肺中的气流总是有限的，要表达一个比较复杂的意思的时候，不可能一口气说出长长的一段话，因此一定要在中间停顿几次来换气，所以换气（即呼吸）是停顿的生理基础，也就是说人们在吸气的时候是一定要停顿的，在波形图上也必然表现为无声段，如图 6 所示：

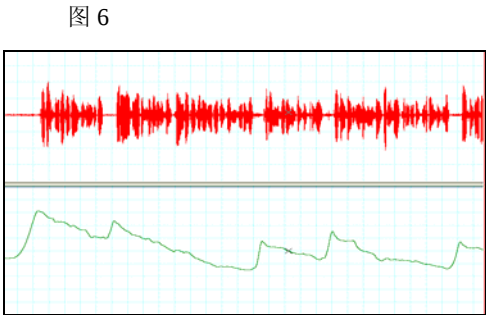


图 6 中共有 5 个呼吸重置，每个呼吸重置对应着一次吸气，而在波形图中和每个呼吸重置相对应的位置上都表现为静音段。

但是，换气并非是产生停顿的唯一原因，有些时候人们出于特殊的表达需要（如强调）或语速比较慢的时候，也可能在肺中气流还够

用的时候插入停顿。同时也有研究表明¹，除了静音段会被人们感知成停顿之外，韵律边界前单位的延长也能感知为停顿这两种停顿的声学表现不同，但我们这里没有对它们加以区分，还是统称为停顿。因此，并非所有的停顿都伴有呼吸重置，如图 7 所示：

图 7

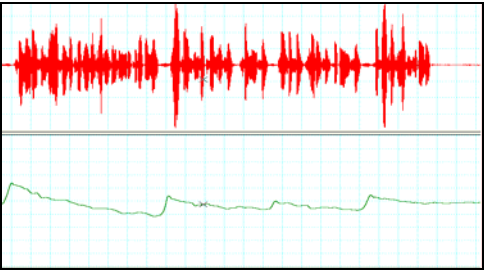


图 7 文本：……|，/2 其内容涵盖了新时期中小学安全教育的诸多方面|，/3 具有较强的科学性|、权威性|、/3 知识性|、趣味性|和地域性|，/3 符合学生的认知规律。

图 7 中一共只有 4 个呼吸重置，但是根据我们的标记，一共有 7 个停顿（停顿用“|”表示）。在“科学性”、“知识性”、“趣味性”之后都能感知到明显的停顿，但在这些地方呼吸信号却看不到明显的上升。

我们根据听感标注出了 40 篇语料中所有的停顿，又根据呼吸信号图标出了所有的呼吸重置，分别统计出它们的总数，如表 1 所示：

表 1 呼吸重置数与停顿数比较

序号	呼吸重置				停顿数
	一级	二级	三级	合计	
1	4	9	1	14	24
2	3	7	9	19	38
3	4	3	12	19	33
4	2	6	9	17	32
5	3	9	3	15	35
6	3	5	8	16	27
7	1	5	9	15	22
8	2	3	11	16	26
9	1	3	12	16	25
10	4	4	10	18	31
11	3	5	9	17	31
12	5	2	8	15	23
13	3	5	14	22	30

¹ 如叶军（2001）的研究

14	2	2	14	18	27
15	3	3	12	18	22
16	2	5	8	15	22
17	1	6	10	17	29
18	5	5	4	14	15
19	2	3	13	18	22
20	3	2	5	10	19
21	3	6	3	12	17
22	4	2	9	15	25
23	4	4	10	18	22
24	3	4	11	18	18
25	3	6	6	15	19
26	4	6	6	16	21
27	1	8	6	15	20
28	5	6	8	19	23
29	3	6	7	16	21
30	5	4	6	15	26
31	2	5	11	18	25
32	1	3	12	16	17
33	0	5	11	16	21
34	1	4	10	15	19
35	3	4	7	14	16
36	3	7	8	18	21
37	3	10	5	18	20
38	4	9	4	17	17
39	3	8	7	18	21
40	2	4	10	16	20

从表 1 中我们可以看出,除了少数情况下(40 篇中只有 2 篇)停顿总数和呼吸重置总数相等之外,停顿总数一般都大于呼吸重置总数,差距最大的时候二者居然可以相差 20,这说明在生理允许的情况下,人们可以较自由地选择在什么地方停顿。

3.3 常见的新闻朗读呼吸节奏的一些特点

新闻的写作有其固定的模式,一般说来新闻的第一段都是用一句话交待出某一新闻事件的概况,后面再展开叙述,那么在播报新闻的时候,人们的呼吸节奏有没有一些比较固定的类型呢?

我们根据呼吸信号,把语料切成一个个大呼吸单元,分析每个大的呼吸单元是怎样构成的,通过比较,我们得到了下面这些发现:

1. 每条新闻第一自然段的呼吸结构类型比较固定,都是先有一个大的呼吸重置,呼吸信号很快达到整个大呼吸单元的最高点,信号下降一段时间后(一般念完一小段话,如“某报社某月某日电”),会有一个小呼吸重置,呼吸信号上升一小段再接着下降,一直降到该呼吸单元的最低点,如果这段话很长,在这时候可能还会有几个小呼吸重置。如图 8 所示:

图 8 新闻首段呼吸结构示例

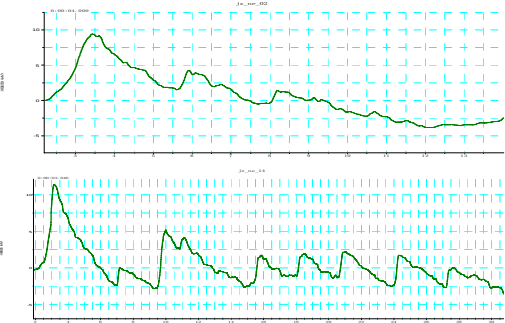


图 8 文本: 上图: 新华社合肥 3 月 15 日电: 安徽省政府 14 日宣布, 2006 年安徽省党政机关将向全国公开招录 1719 名公务员。

下图: 记者从日前召开的我省老龄事业发展基金会第四届理事会第四次会议获悉: 2005 年, 我省老龄事业发展基金会共募集资金 94 万余元, 助养困难老人 765 名、助医特困老人 400 名; 扶持 5 个农村老年协会创办经济实体; 向 16 个州市边远贫困地区农村老协赠订 1500 份《云南老年报》。

2. 如果一个大呼吸单元没有处在语篇起始处, 而这一单元内的第一个分句又不长的话, 那这个大呼吸单元的呼吸曲线最高点就不会马上出现, 而是在第一分句的时候先上升一点, 说完第一分句以后, 呼吸曲线略有下降, 但不会降得很低, 在此基础上呼吸曲线再次上升, 这时才达到最高点, 如图 9 所示:

图 9

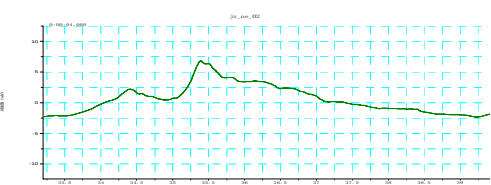


图 9 文本: 成浩说|, 公开招录公务员工作是公务员制度的基本特征和标志。

3. 呼吸重置的大小由多种因素决定。除了上面提到的一个大呼吸单元在语篇中所处

的位置不同会导致呼吸重置大小的不同外,呼吸重置前后分句的字数多少也会影响呼吸重置的大小。一般说来,重置后分句字数的多少比重置前分句的影响要大,重置后分句字数越多,重置的幅度越大,而重置前分句字数如果太多,远远超出发音人的习惯,而发音人还是勉强自己要一口气把这个分句说完,那么在说完这个分句以后发音人肺部的气流已经到了最低点,这个时候她可能就会深吸一口气,这样不管之后那个分句字数多少,都会有一个比较大的呼吸重置。

四、结论和问题

通过上面对四十篇新闻语料呼吸节奏的分析,我们得到了三级不同大小的呼吸单元,一般说来,大呼吸单元对应于自然段,中呼吸单元对应于复句,小呼吸单元对应于分句或句子成分。就每个呼吸单元表达内容的完整性而言,大呼吸单元>中呼吸单元>小呼吸单元,但是就每个呼吸单元中包含的字数的稳定性而言,则是小呼吸单元>中呼吸单元>大呼吸单元。

语流中停顿的数量一般要多于呼吸重置的数量,语流中有呼吸重置的地方必然有停顿,但是有停顿的地方却不一定有呼吸重置。

处于语篇不同位置的呼吸单元中呼吸曲线达到该呼吸单元最高值的方式并不一样,这说明语流中的呼吸单元的构造体现了语篇的组织架构,这也说明对语篇中大尺度信息单元的韵律特征的探讨是很有必要的。

人们对呼吸节奏的调节是语流单元规划的反映,它体现了人们对表达内容的整体规划。同时它也反映了人们生理机能的限制。因此,语流中的韵律单元是生理和心理共同作用、互相协调的结果,有些时候人们的认知规划有失误,或者超出了生理能力的制约,就会出现比较特殊的呼吸结构。

目前对于呼吸节奏的研究刚刚起步,还有很多问题没弄清楚,例如:从生理角度划分出

的呼吸单元和从声学、音系学角度划分出的韵律单元之间有什么样的联系?每级呼吸单元的边界是否有不同的韵律表现?不同发音人的呼吸节奏有多大的个体差异?呼吸节奏能否体现出个人的风格差异?人们在朗读不同文体时的呼吸节奏是否有区别?胸式呼吸和腹式呼吸在发音过程中是如何相互作用的?如何把呼吸节奏的研究成果应用到语音的韵律合成中去?所有这些问题,都有待于更多研究人员进一步的研究才能解决。

参考文献

- 初敏、王韞佳、包明真(2004)普通话节律组织中的局部语法约束和长度约束,《语言学论丛》第三十辑,北京
- 王蓓、杨玉芳、吕士楠(2004)汉语韵律层级边界结构的声学相关物,《声学学报》第1期,北京
- 王蓓、杨玉芳、吕士楠(2005)语篇中大尺度信息单元边界的声学线索,《声学学报》第3期,北京
- 王洪君(2000)汉语的韵律词和韵律短语,《中国语文》第6期,北京
- 王洪君(2002)普通话中节律边界与节律模式、语法、语用的关联,《语言学论丛》第二十六辑,北京
- 熊子瑜(2003)韵律单元边界特征的声学语音学研究,《语言文字应用》第2期,
- 杨玉芳(1997)句法边界的韵律学表现,《声学学报》第5期
- 叶军(2001)《汉语语句韵律的语法功能》,华东师范大学出版社,上海
- 郑秋豫(2005)语流韵律架构 北京大学讲座 PPT,未刊
- Philip Liberman 1967 *Intonation, perception, and language* The M.I.T. Press, Cambridge Massachusettes

(谭晶晶 孔江平 北京大学中文系 100871)

民歌男高音共鸣的实验研究*

An Acoustic Analysis on the Resonance of Chinese Folk Tenors

钱一凡 孔江平

Abstract Resonance is an important factor of singing. Previous researches on singing resonance tended to be based on the sense or experiences of vocality. Microphones, EGG signal collector and self-made vibration signal collector were used in our experiment to collect the speech, EGG, head and thoracic resonances signals of the a, i and u three vowels which were produced by 2 Chinese folk tenors ranging from low to high, calculate the parameters of F0s, amplitudes of 4 channels, formants and bandwidths, compare and analyze which to observe the resonance characters of Chinese folk tenors at different ranges. The result shows: 1) head and thoracic resonances exist; 2) with the rising of the pitch, speech intensities of all vowels rise notably, the EGG signals keep unchanged, both the resonances rise notably at a high range, which indicates that the resonance contributes notably at the high range; 3) EGG signals of the three vowels keep almost the same during the whole range. Speech, head and thoracic resonance intensities express differently at different ranges; 4) ignore the differences of the vowels, the relationship between the two resonances intensities express differently at different ranges: head resonance is stronger than the thoracic resonance at both low and high ranges, while at medium range reverses. The result doesn't accord with the formal vocal theory exactly.

1 引言

无论是说话还是唱歌，共鸣都是发声中最重要的因素之一。对说话而言，口腔共鸣和鼻腔共鸣决定了元音的音色，没有口腔共鸣和鼻腔共鸣，我们就不能发出能够区别意义的各种

元音和辅音；对唱歌而言，共鸣似乎更为重要，在P·M·马腊费奥迪《卡鲁索的发声方法》一书中提到，“共鸣对嗓子音量的贡献，比呼吸所提供的重要的多，也比声带的大小——发声力量——重要的多”，因为人的声带能产生的声音是极为微小单薄而没有色彩的，歌唱者只有很好地运用腔体调节共鸣，才能发出音量宏大，音色丰润饱满的歌声。音乐教育界对于歌唱共鸣也一向非常重视，无论是西洋美声唱法还是中国民族民间唱法，都有一整套的歌唱共鸣理论。历来对歌唱共鸣的研究，主要有两种，一种是声乐教育方面的普通研究，这种研究主要基于声乐训练的经验 and 感觉，探寻共鸣的方法，其主要目的也在于进行声乐教育；而共鸣机制的实验研究主要在于言语嗓音医学方面，这种研究主要运用实验的方法，从生理学和病理学的角度，通过对共鸣的声学检测达到早期无创发现病变，及早治疗的目的。本文主要在民歌男高音的范围内，通过声学分析的方法研究共鸣的机制，试图用实验结果检验先前基于感觉的声乐理论，并科学地指导声乐训练。

2 各家说法

徐起飞（2004）认为“共鸣是发声中最重要的因素，它赋予嗓音的音量和音质，并加强其响亮度，直接影响着歌唱的效果，为发出一个洪亮而亲切的嗓音，依靠共鸣比依靠力量更重要”；冯彬、孔令鹏（2005）认为“根据一般的发声原理，任何一种乐器如果能够发出美妙的声音，它必须具备三个必要条件：（1）动力部分；（2）振动体部分；（3）共鸣腔体部分。这三个部分缺一不可，互相配合，相互作用，否则不会发出悦耳动听的声音。声乐艺术也不例外

* 本项研究由北京大学 985 子项目“汉语普通话语音多模态研究”资助。

外,它是把气息作为动力,声带作为振动体,胸腔、口咽腔、头腔的联合体作为共鸣腔体。通过以上三个部分的正确的、合理的配合使用,才能使生活中的语言得到合理充分的扩大,从而艺术地再现经过自我创作的人声——一种最科学的、最自然的、最美妙的声音”;冉平(2005)认为“声带是发声体,……它所能发出的声音是微弱的细小而又无色彩的音,必须通过共鸣器官对它加工、润色、美化”;肖眉雅(2006)认为“歌唱家能与乐队抗衡的声音,是经过长期的训练得到的,是充分地运用了人体各部分共鸣腔体的结果”。

如上,基于声乐的研究都不否认歌唱共鸣的存在,当对歌唱共鸣腔体的解释和理解,却有很多说法。这些说法既包括对歌唱共鸣腔体划分的不一致,也包括对各共鸣腔共鸣作用的不同理解。吴海燕(2005)认为歌唱共鸣腔可分为胸腔共鸣、口腔共鸣和头腔共鸣,其中头腔共鸣也可称为鼻腔共鸣。闫璟玉(2002)和肖眉雅(2006)也把歌唱共鸣腔分为胸腔共鸣、口咽腔共鸣和头腔共鸣三个部分。徐起飞

(2004)认为歌唱共鸣腔有四个:(1)从声带声门至后腭弓(悬雍垂)是咽腔;(2)咽喉腔以下是胸腔;(3)咽喉腔以上是口腔;(4)鼻道及它周围的鼻窦灯(对窦窝在共鸣腔体中)通称鼻腔。冉平(2005)也把歌唱共鸣腔分成四个:胸腔共鸣、口咽腔共鸣、鼻咽腔共鸣和头腔共鸣。冯彬、孔令鹏(2005)把歌唱共鸣腔体分为固定共鸣腔体和可变共鸣腔体两种,其中固定共鸣腔体分为头腔共鸣、鼻腔共鸣和胸腔共鸣,而可变共鸣腔体又分为口腔共鸣和咽腔共鸣。对于各共鸣腔体的共鸣作用,吴海燕(2005)的看法很有代表性,她认为,胸腔共鸣常常在比较低的声部运用得比较多,也常常在各个声部得低区运用较多;口咽腔共鸣对声音的丰满、优美的音色的产生有决定性的作用,是胸腔和头腔共鸣的基础;头腔共鸣或鼻腔共鸣是歌唱发音中最重要的共鸣腔体,它使

声音明亮、丰满,富有金属性铿锵的色彩。肖眉雅(2006)认为,低声区我们胸腔共鸣的成分多些;中声区口咽腔共鸣较明显;而高声区头腔共鸣的成分明显增多。徐起飞(2004)还认为,各个腔体不可能划出十分明显固定的界限,虽然从理论上可以分为四个共鸣腔体,但当发声共鸣时,共鸣是联合出现的。从歌唱效果和实际来看,歌唱共鸣并不只是四个腔体共鸣的结果,而是整个身体的共鸣,是“身体的腔体”共鸣的结果——“不排除头、骨、腹部、关节、甚至肌肉的联合共鸣。”

运用实验方法研究歌唱共鸣,主要有黄永旺等(2006),使用自行设计研制的“多通道语言分析系统”,采用多路体表传感器间接测量共鸣腔附近的体表振动信号来间接了解各个腔体于振动时的共振特性以及它们之间的关系特征;通过测量歌唱者不同声部头、口、喉、胸四部位的频谱能量分布特征来了解歌唱者各部位的共振频率特性、基频、共振峰特性。得出的结论是:歌唱发声时的共振系统并非一个统一的共振频率,而是根据发声腔体的形状、共鸣位置及组织结构的不同而各异;各声部的特征主要与声带的自然结构、共振系统的差异及喉内各肌组的调节作用有关。

3 实验设备与方法

3.1 实验设备

硬件:麦克风一支,声门阻抗(EGG)采集器,自制振动传感器两个,调音台一台,Powerlab 肌电脑电仪一台,录音用笔记本电脑一台,定音用笔记本电脑一台。

软件:录音用肌电脑电仪配套软件ADInstruments 公司 Powerlab Chart5 for Windows,定音高用Cakewalk Pro Audio 9.03,后期参数提取使用基于 matlab 的北大语音乐律信号处理平台。

发音人:刘洛克,男,24岁,北京大学合唱团男高音,学习民歌唱法10年;郭长雷,男,27岁,原北京大学合唱团男高音,学习民歌唱

法6年。

信号样本在北大中文系录音室采集，本底噪声小于等于 18dB。

3.2 实验方法

前期使用录音软件分四通道采集声音信号，其中，第一通道采集经由麦克风得到的语音信号，第二通道采集经由喉头仪得到的噪音信号，第三通道和第四通道分别采集两个振动传感器得到的信号。信号采集参数为 16bit20k。

实验前将麦克风固定在距发音人口部越 15cm 处；喉头仪固定在喉头；一号振动传感器固定在头顶偏前方约 30 度处，采集头腔共鸣信号；二号振动传感器固定在胸部约肋骨第五节正中，采集胸腔共鸣信号。

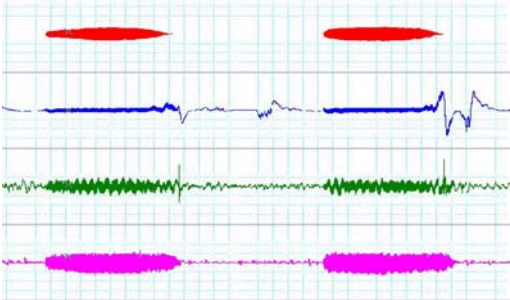
实验时发音人根据定音高软件给出的标准音高，从小字组 g 到小字二组 g2，共 25 个半音，使用民族唱法，每个音按元音[a][i][u]各唱两遍，每遍约持续 2 秒，即每位发音人每个元音共记录时长约 2 秒的 50 个四通道信号。

实验后将记录的信号每个选取稳定段 30~40 个周期，保存为 PCM 码的 WAV 格式，使用北大语音乐律信号处理平台，提取基频、各通道振幅、各通道共振峰及带宽等参数，最后经分析比较得出实验结果。

4 各通道信号分析

首先，经检测可得，经由振动传感器的确可以得到三、四通道的信号，如下图：

图 1 四通道信号举例

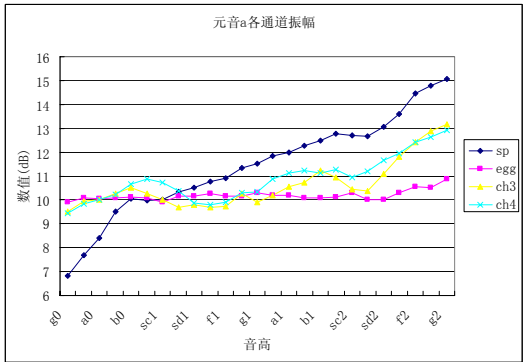


由图 1 可得，胸腔共鸣和头腔共鸣是的确存在的。

其次，我们考察三、四通道振幅随频率变

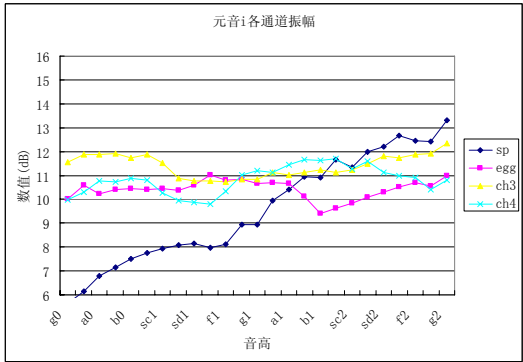
化而发生的变化，首先考察元音 a 各通道振幅绝对值的大小，我们用 sp 表示语音信号，egg 表示噪音信号，ch3 和 ch4 分别表示头腔共鸣信号和胸腔共鸣信号，如下图：

图 2 元音 a 各通道振幅



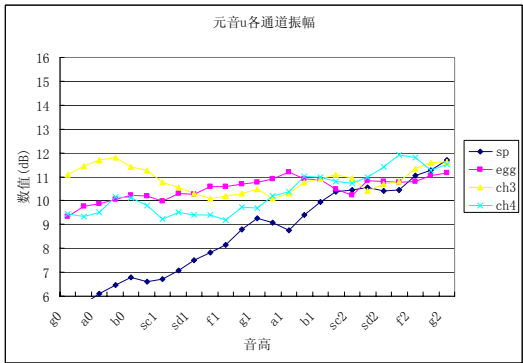
由图 2 可以看出，在元音 a 中，语音信号和两个共鸣信号有明显的上升趋势，且共鸣信号在最高音上上升最为明显，而噪音信号基本保持不变，只在最高音处有一点提高。

图 3 元音 i 各通道振幅



由图 3 可以看出，在元音 i 中，语音信号有明显的上升，噪音信号有一个降升的过程，两个共鸣信号在最高音处有较明显上升。

图 4 元音 u 各通道振幅



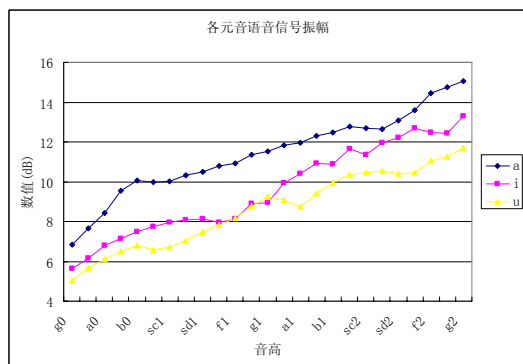
由图4可以看出,在元音u中,语音信号有明显的上升,噪音信号、两个共鸣信号略有上升。

总体来说,随着音高的提高,语音信号的振幅有明显上升,噪音信号基本保持不变,头腔共鸣和胸腔共鸣信号略有上升,但在最高音处上升幅度较大。

5 各元音信号分析

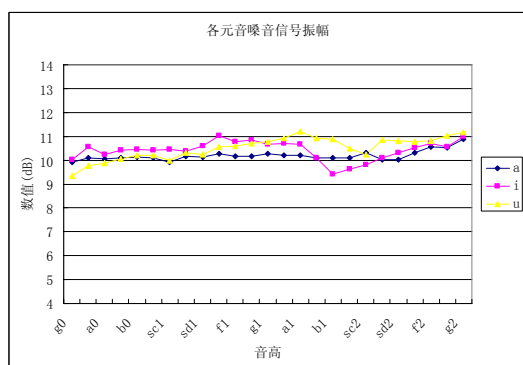
接下来我们将分别讨论语音信号、噪音信号、头腔共鸣信号和胸腔共鸣信号随音高提高而发生的变化,并观察它们在不同元音中的差别。

图5 各元音语音信号振幅



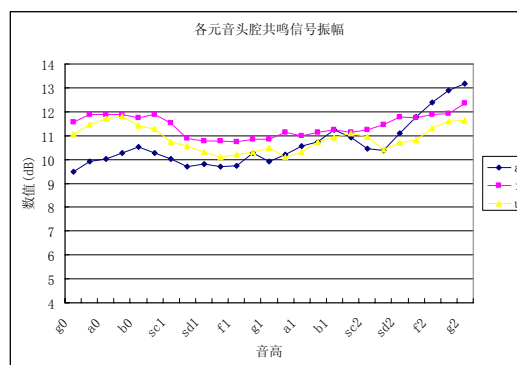
由图5可以看出,三个元音的语音信号大小随着音高的提高均有明显的上升,且三个元音的差别也很明显:元音a在整个音高域中信号振幅最大,元音i居次,元音u居最末。

图6 各元音噪音信号振幅



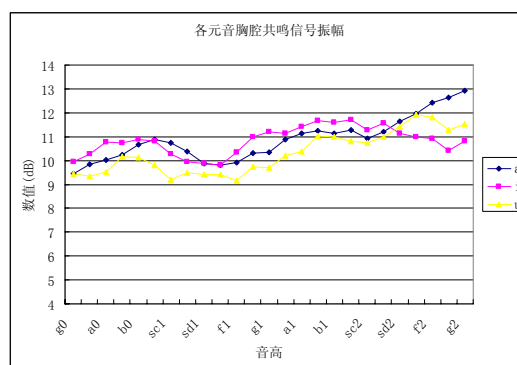
由图6可以看出,三个元音的噪音信号大小随着音高的提高基本保持不变,且三个元音的噪音信号也大致不分高下,呈现出一种交错的状态。

图7 各元音头腔共鸣信号振幅



由图7可以看出,三个元音的头腔共鸣信号随着音高的提高呈现一种先降后升的状态,且在最高音处均有明显上升,三个元音之间的关系大致是:元音i在整个音高域中居于首位,元音u和元音a在g0-f1的低音域中分别居于次位和末位,在#f1-g2的高音域中不分上下。由此,即元音i最能引发头腔共鸣,而元音u在低音范围内引发头腔共鸣的能力要高于元音a。

图8 各元音胸腔共鸣信号振幅



由图8可以看出,三个元音胸腔共鸣信号振幅在整个音高域中大致呈上升的趋势,他们的关系大致可以分g0-e2的中低音域和e2-g2的高音域来比较:在中低音域,三个元音引发的胸腔共鸣大致是i最强,a居次,u最末;在高原域,a最强,u居次,i最末。

总的来说,a i u三个元音的噪音信号振幅在整个音高域上基本保持不变,也没有明显的高下关系。

元音a语音信号在三个元音中最强;头腔共鸣信号整体小于元音i,在g0-f1的低音域中小于元音u,在#f1-g2的高音域中大于元音

u; 胸腔共鸣信号在 g0-e2 的中低音域中小于元音 i, 大于元音 u, 在 e2-g2 的高音域中大于元音 u 和元音 i。

元音 i 的语音信号在三个元音中整体居次; 头腔共鸣信号在整个音域中大于元音 a 和元音 u; 胸腔共鸣信号在 g0-#d2 的中低音域中大于元音 a 和元音 u, 在 e2-g2 的高音域中小于元音 a 和元音 u。

元音 u 的语音信号在三个元音中整体居于最末; 头腔共鸣信号在整个音域中小于元音 i, 在 g0-f1 的低音域中大于元音 a, 在 #f1-g2 的高音域中小于元音 a; 胸腔共鸣在 g0-#d2 的中低音域中小于元音 a 和元音 u, 在 e2-g2 的高音域中小于元音 a 而大于元音 i。

6 两种共鸣的对比分析

下面我们将分别考察头腔共鸣信号和胸腔共鸣信号在全音域的变化, 试图推断不同音高引发两种共鸣的能力。为了避免不同元音对共鸣影响的不同对实验结果的影响, 我们采用共鸣信号振幅的平均值来观察。

图9 共鸣信号平均值

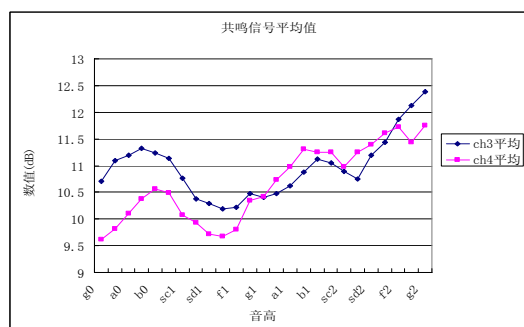
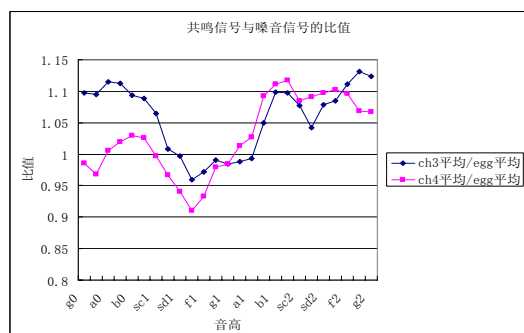


图10 共鸣信号与噪音信号的比值



由图9可得, 头腔共鸣和胸腔共鸣信号的大小在全音域中并非一致, 而是分为低、中、高三段, 呈现出不同的态势。在 g0-f1 低音域中, 头腔共鸣信号大于胸腔共鸣信号; 在 #f1-e2 的中音域中, 胸腔共鸣信号大于头腔共鸣信号; 在 f2-g2 的高音域中, 头腔共鸣信号又反过来高于胸腔共鸣信号。为了更明显地观察两种共鸣的效果, 我们用共鸣信号和原始噪音信号的平均值之比再来观察, 如图10所示。在图10中我们得到了相同的结果。这一部分我们在后面将会深入讨论。

7 结论与讨论

由前述实验结果, 我们大致可以得出以下结论:

1) 胸腔共鸣和头腔共鸣的确存在, 这一结果与之前非基于实验的研究结果是一致的;

2) 从语音、噪音、头腔共鸣和胸腔共鸣在全音域的变化来讲, 随着音高的提高, 语音明显加强, 噪音基本保持不变, 头腔共鸣和胸腔共鸣在最高音处加强较明显, 说明二者在高音区对音量的贡献最为显著。

3) 从各元音在全音域的变化特点来讲, 总的来说, a i u 三个元音的噪音强度在整个音高域上基本保持不变, 也没有明显的高下关系。其中: 元音 a 语音在三个元音中最强; 头腔共鸣整体弱于元音 i, 在低音域中弱于元音 u, 在低音域中强于元音 u; 胸腔共鸣在中低音域中弱于元音 i, 强于元音 u, 在低音域中弱于元音 u 和元音 i。元音 i 的语音在三个元音中整体居次; 头腔共鸣在整个音域中强于元音 a 和元音 u; 胸腔共鸣在中低音域中强于元音 a 和元音 u, 在低音域中弱于元音 a 和元音 u。元音 u 的语音在三个元音中整体居于最末; 头腔共鸣强度在整个音域中强于元音 i, 在低音域中强于元音 a, 在低音域中弱于元音 a; 胸腔共鸣在中低音域中强于元音 a 和元音 u, 在低音域中弱于元音 a 而强于元音 i。

4) 从头腔共鸣和胸腔共鸣在全音域的变化

化来讲,两者的强度在全音域中并非一致,而是分为低、中、高三段,呈现出不同的态势。在低音域中,头腔共鸣强度强于胸腔共鸣;在中音域中,胸腔共鸣强于头腔共鸣;在低音域中,头腔共鸣又反过来强于胸腔共鸣。这一结果与传统声乐理论既相一致又不一致。所谓一致,实验结果表明,头腔共鸣和胸腔共鸣在全音域中同时存在,这与传统理论中“混合共鸣”的理论是相一致的。其次,肖眉雅(2006)认为,歌唱时从低声区到中声区、再从中声区到高声区,共鸣的运用方式和成分会有所不同,而实验的结果也表明,头腔共鸣和胸腔共鸣在低中高三个音域有交替,并且中音域与高音域的区分点 e_2/f_2 也正好是传统理论中男高音“换声点”的位置。所谓不一致,传统理论中认为“低音区以胸腔共鸣为主,高音区以头腔共鸣为主”,而实验的结果却表明,民歌男高音的共鸣模式是:低音域和高音域以头腔共鸣为主,中音域以胸腔共鸣为主。

8 总结

本文主要以民歌男高音唱法作为一个切入点,主要研究其头腔共鸣和胸腔共鸣的特点。对声乐的共鸣进行实验研究是十分有意义的,如徐起飞(2004)提出的“身体共鸣”的理论,是否也可以通过实验的方法,检测身体各部分的共鸣特点,也是一个很有意思的课题。声乐的实验研究在国内还刚刚起步,在硬件和软件的改进,实验方法的设计上都大有可为,需要更多的研究人员共同努力。

参考文献

- 黄永旺等 2006《不同声部发声共鸣特点分析》,嗓音言语医学 Vol. 14 No. 1
- 孔江平 2006《标准元音和头部共鸣关系的研究》,未发表
- 吴海燕 2005,《歌唱的共鸣》,赤峰学院学报(汉文哲学社会科学版) Vol. 26 No. 2
- 肖眉雅 2006,《歌唱共鸣原理及作用论析》,贵州师范

大学学报(社会科学版) 2006. 4

冯彬,孔令鹏,《浅谈共鸣腔体在歌唱中的作用》,岱宗学刊 Vol. 9 No. 4

徐起飞 2004,《对歌唱共鸣的再认识》,宁波大学学报(教育科学版) Vol. 26 No. 2

闫璟玉 2002,《歌唱共鸣的调节及其运用》,齐鲁艺苑(山东艺术学院学报) 2004. 4

冉平 2005,《鼻腔共鸣在声乐训练中的作用》,音乐天地 2005. 12

(钱一凡 孔江平,北京大学中文系,100871)

标准元音头部共鸣的声学研究*

Acoustical Study on the Head Resonance of Cardinal Vowels

孔江平 钱一凡

提要 本文利用麦克风、声门阻抗（EGG）采集器和4个自制振动换能器同时采集了标准元音（包括相对应的圆展唇）等17个元音的语音信号、噪音信号和头部4个不同部位的振动信号，然后提取出基频、振幅、共振峰和带宽，对这些参数的分析和相关分析表明：1）元音的高低和头部的共鸣有明显关系，高元音头部的共鸣较大，而低元音头部的共鸣较小；2）前后元音头部信号的共鸣差别不是很明显；3）无论是语音信号还是头部信号，圆唇元音和展唇元音在振幅上都没有明显的差别；4）语音的振幅和头顶信号的振幅有显著的相关，具体体现为：语音振幅越大头顶信号越小；5）对6种信号的共振峰的相关分析表明，太阳穴部位信号的频谱和语音的频谱最为接近。

关键词 语音学 标准元音 头部共鸣 声乐研究

一、引言

从言语产生的理论看，语音的产生分为声源（voice source）、共鸣（resonance）和辐射（radiation）三个部分。从语音学和语言学的角度看，语音能具有语言学意义的主要是发声（phonation）和发音（articulation）两部分，而语音学中的发音主要是声道（声带至唇和鼻腔）的共鸣。然而，如果从语音音色（color）的角度看，语音的共鸣音该包括更广泛的内容，如，胸腔共鸣、气管共鸣、声道共鸣、鼻腔共鸣（鼻腔和鼻窦等）、头部共鸣等。

以往语音学的研究主要把重点集中在声道和鼻腔的共鸣上，但随着语音科学的发展，对语音的研究已不仅仅局限于语言学的目的，

语音学作为一门独立的学科涵盖了许多其它的领域，如言语工程中的语音情感合成、语音病理中的嗓音美容、艺术语音中的语音表现风格、司法声纹鉴定中的个人特征认定等，在这些领域都对语音的生理和物理之间的关系和特征提出了更高的要求。

上面提到的语音研究的各个方面相对正常的语音来说是比较特殊的，不妨将其叫做“语音特殊”性质的研究或“特殊语音研究”，如，蒙古族的“呼麦”、国外木偶剧中的腹语、佛教和藏传佛教中的诵经等，在普遍一些的有声乐中的各种唱法，如，美声唱法、民族唱法、戏曲、原生态唱法等，这些特殊的语音都需要对嗓音和共鸣做更广泛的生理和声学的研究。

在语音头部共鸣方面国内有人已经有过初步的研究（黄永旺等，1994；1997；2006），主要介绍了共鸣腔多导频谱分析的研究方法、播音员和歌唱者的共鸣特点和不同声部发声共鸣的特点。本文主要是研究标准元音头部共鸣和振动的性质以及和标准元音的关系。

二、研究方法

在研究方法上，我们自制了一种比较简单得振动拾音器¹，然后通过肌电脑电仪的信号采集器，将6路信号采入电脑，这6路信号分别是，1）语音信号；2）噪音信号（EGG）；3）4路头部振动信号。头部的4路振动信号分别采自头顶（第一路）、太阳穴（第二路）、前额（第三路）和后脑（第四路）。信号样本是在北大中文系的录音室采集，录音室的本底噪声小于等于18分贝。从采集器出来的信号首先通过了调音台的放大，信号采集参数为16

*本项研究由北京大学985子项目“汉语普通话语音多模态研究”资助。

¹ 这种方法由社科院熊子瑜提出。

比特 20k。信号采集软件是澳大利亚PowerLab 公司的Chart5。信号在编辑时转换为PCM码的 WAV格式。分析软件是我们自己编写的“北大 语音乐律信号分析平台”中的“韵律分析系统”。本次研究各通道信号提取的参数主要有：1) 基频；2) 振幅；3) 5 个共振峰；4) 5 个共振峰带宽；5) 功率谱和 6) 对数谱，每个信号共 65 个参数。发音人共 4 个，2 男 2 女。发音样本为 8 个标准元音和其相对应的展唇和圆唇元音，见表 1，

表格 1 文件名和音标的对应表

文件名	1_s	2_s	3_s	4_s
音标	i	e	ae	a
文件名	1_r	2_r	3_r	4_m
音标	y	o/	oe	A
文件名	5_s	6_s	7_s	8_s
音标	w	r	A	a
文件名	5_r	6_r	7_r	8_r
音标	u	o	c	a

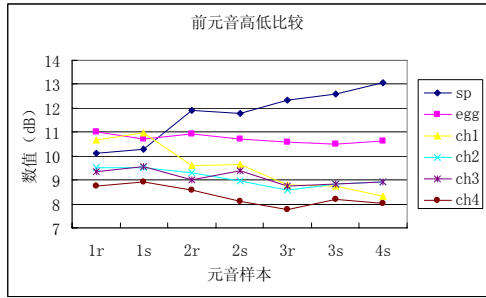
每个样本每人发两遍，每个元音共 8 个样本。

三、语音学分析

在元音的分类上，通常语音学研究是从元音舌位的高低、前后和唇的圆展来分。下面将根据语音学的分类来看语音、噪音和头部 4 个部位振动信号共鸣的变化。

前元音有 3 三个圆唇元音和 4 个展唇元音，一共 7 个，排列顺序是先圆展，后高低。语音数据用“sp”表示,噪音用“egg”表示，头部 4 个通道的振动信号分别用“ch1”、“ch2”、“ch3”和“ch4”表示，见图 1。

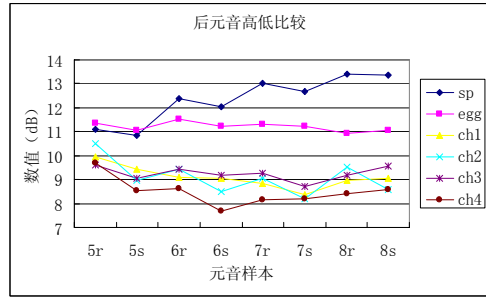
图 1 前元音高低比较



从图中可以看出，无论是圆唇还是展唇元音，语音的振幅随着元音开口度的增大而逐渐加

大，而 4 个通道的头部振动信号则随着元音开口度的增大而逐渐减小，呈现一种反比的关系。但噪音信号比较平，后部有一点降低，和其它信号相比没有明显的变化关系。

图 2 后元音高低比较



后元音有 4 个圆唇元音和 4 个展唇元音，一共 8 个元音，排列顺序是先圆展，后高低。从图 2 中可以看出，无论是圆唇还是展唇元音，语音的振幅随着元音开口度的增大而逐渐加大，而 4 个通道的头部振动信号则随着元音开口度的增大而逐渐减小，呈现一种反比的关系，但 8r 和 8s 又有一点变大。噪音信号比较平，中间有一点凸起，和其它信号相比没有明显的变化关系。

总的来说，元音的开口度越小语音的振幅越大，开口度越大振幅也越小。这说明高元音在头部的共鸣要大于低元音。

从前边的研究可以看出 1 至 4 通道信号大致相同，其中，第一通道的信号和语音信号的关系最为显著,这一点从后边的相关分析中也能得到证明，因此，在下边的研究中我们只拿语音信号和第一通道的信号来做分析对比。

图 3 前后圆唇元音比较

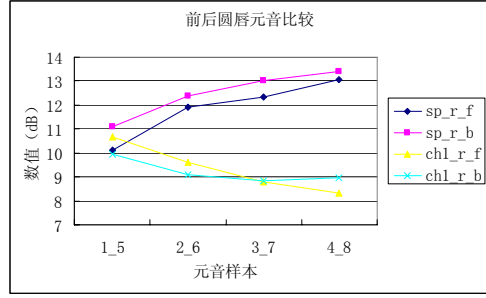


图 3 是前后圆唇元音的比较，从图中可以看出前圆唇元音语音信号的振幅比后圆唇元音语音信号的振幅要大，而且舌位越低振幅越大。

头部振动信号前后的差别不是很明显,前元音的振幅要稍大于后元音,但和舌位有明确的关系,与语音信号相反,其开口度越大信号的振幅越小。

图 4 前后展唇元音比较

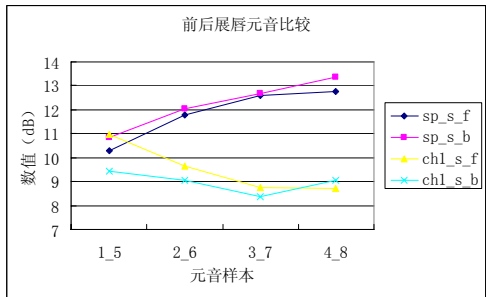


图 4 是前后展唇元音的比较,从图中可以看出前展唇元音语音信号的振幅比后展唇元音语音信号的振幅要大,而且舌位越低振幅越大。头部振动信号前后的差别总体上前元音的振幅要大于后元音。

总体上看,前元音的振幅无论是语音信号还是头部共鸣信号,前元音要大于后元音。

图 5 前元音的圆展唇比较

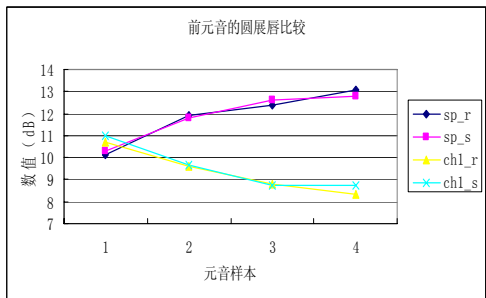


图 5 是前元音圆展唇的比较,从图中可以看出无论是语音信号还是头部都没有太明显的差别。

图 6 后元音高低比较

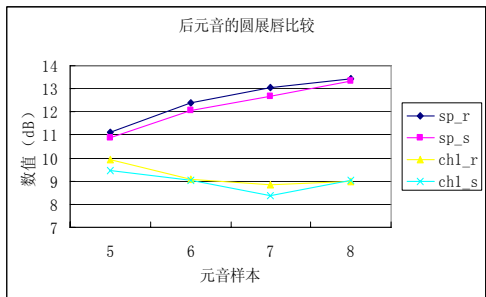


图 6 是后元音圆展唇的比较,可以看出语音信号圆唇信号稍大于展唇,头部没有太明显的差别。

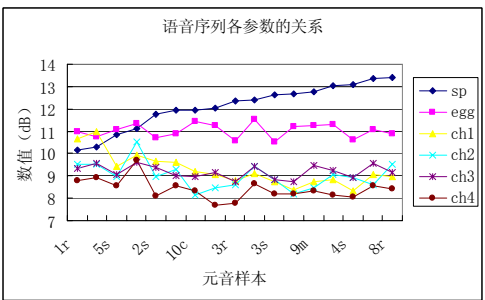
从整体上看,圆唇和展唇元音无论是语音信号还是头部信号都没有显著的差异,而开口的差别却比较明显。

四、数据分析

这一节将从数据的角度来讨论语音信号、噪音信号和头部信号（头顶）的性质和元音的关系。

图 7 是按语音排列出的各种信号的参数,从图中可以看出语音信号和头部信号有明显的变化关系,特别是头部第一通道信号（头顶部位），而语音信号和头部信号与噪音信号的振幅没有显著的函数变化关系。

图 7 语音序列各参数的关系



根据语音排序,元音的顺序为: 1r, 1s, 5s, 5r, 2s, 2r, 10c, 6s, 3r, 6r, 3s, 7s, 9m, 7r, 4s, 8s, 8r。

图 8 噪音序列各参数的关系

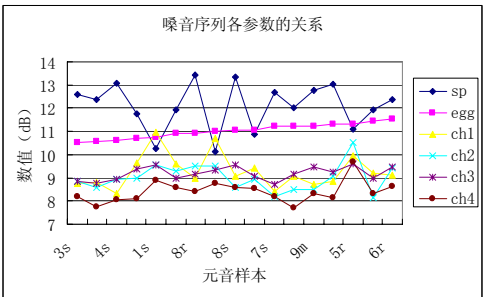


图 8 是按噪音排列出的各种信号的参数,从图中可以看出噪音信号与语音和头部信号有没有明确的变化关系,而且比较杂乱无章。

根据噪音排序，元音的顺序为：3s，3r，4s，2s，1s，2r，8r，1r，8s，5s，7s，6s，9m，7r，5r，10c，6r。

图 9 头部信号序列各参数的关系

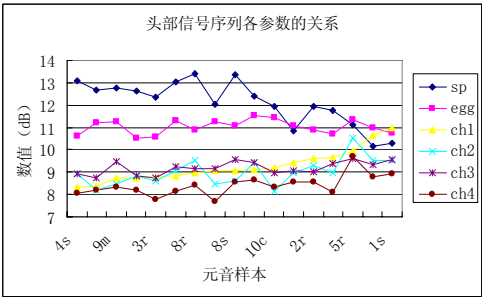


图9是按头部信号排序列出的各种信号的参数,从图中可以看出头部信号和语音有着明显的函数关系,但和噪音信号有没有明确的变化关系。

根据头部信号排序，元音的顺序为：4s，7s，9m，3s，3r，7r，8r，6s，8s，6r，10c，5s，2r，2s，5r，1r，1s。

总体上看，按语音排序元音的顺序是从高原音到低元音，而按头部信号排序元音是从低元音到高原音。

五、振幅相关分析

在分析了各个参数后，我们得知语音和头部共鸣信号之间有一定的变化关系或者说有一定函数关系,本节主要对这些参数进行关系相关分析，确定各参数之间的关系。从所有参数的相关分析结果看，语音振幅、头顶信号振幅和后脑信号振幅有显著的相关，见表2。

表格 2 语音和头部信号振幅的相关系数表

Correlations				
		SP	CH1	CH4
SP	Pearson Correlation	1	-.871*	-.492*
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.045
	N	17	17	17
CH1	Pearson Correlation	-.871*	1	.619*
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.008
	N	17	17	17
CH4	Pearson Correlation	-.492*	.619*	1
	Sig. (2-tailed)	.045	.008	.
	N	17	17	17

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表格2是语音信号振幅、头顶信号振幅和后脑

信号振幅的相关系数表,从表中的系数可以看出，语音振幅和头顶信号振幅有显著的负相关，系数为-0.871。而语音振幅和后脑信号振幅也为负相关，其系数为-0.492。头顶信号和后脑信号为显著相关，其系数为0.619。因此可以说，语音信号的强度和头顶信号的强度最为相关，其次是头顶信号和后脑信号相关，最后是语音信号和后脑信号的相关。

表格 3 头部信号振幅的相关系数表

Correlations				
		CH1	CH2	CH3
CH1	Pearson Correlation	1	.591*	.555*
	Sig. (2-tailed)	.	.013	.021
	N	17	17	17
CH2	Pearson Correlation	.591*	1	.537*
	Sig. (2-tailed)	.013	.	.026
	N	17	17	17
CH3	Pearson Correlation	.555*	.537*	1
	Sig. (2-tailed)	.021	.026	.
	N	17	17	17

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表格 3 是 3 种头部信号振幅的相关系数表,从数据上看，这 3 种信号的振幅都是相关的。其中，头顶信号的振幅和太阳穴信号振幅的相关系数为 0.591，太阳穴信号的振幅和前额信号振幅的相关系数为 0.537，头顶信号的振幅和前额信号振幅的相关系数为 0.555，而且它们全部为正相关。

表格 4 头部信号振幅的相关系数表

Correlations				
		CH2	CH3	CH4
CH2	Pearson Correlation	1	.537*	.778*
	Sig. (2-tailed)	.	.026	.000
	N	17	17	17
CH3	Pearson Correlation	.537*	1	.612*
	Sig. (2-tailed)	.026	.	.009
	N	17	17	17
CH4	Pearson Correlation	.778*	.612*	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.009	.
	N	17	17	17

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表格4是太阳穴信号振幅、前额振幅和脑后信号振幅的相关系数表，数据显示，太阳穴信号振幅和脑后信号振幅为显著相关，相关系数为0.778。前额信号振幅和脑后信号振幅也为显著相关，相关系数为0.612。太阳穴信号振幅和前额信号振幅体现为相关，相关系数为 0.537。

从整个数据看，头部4种信号之间是相关的，但不是显著相关，在和语音的关系上也只有头顶信号和语音信号显著相关。从头部信号振幅的相关分析可以看出，头顶信号最接近语音信号，其次是在脑后采集的信号，从太阳穴和前额采集的信号和语音信号相差较大，但最后的结论还要从频谱相关分析的结果来确定。

六、频谱相关分析

语音的频谱对语音的可懂度和清晰度都是很重要的，由于人头部各部位的组织不同，因而所采集的信号在频谱上会有所影响，但频谱受到影响的因素很多，在本文中先对所有样本的频谱进行相关分析，从整体上去作一个大致的定位。

表格 5 头部信号频谱的相关系数表

Correlations				
		SF1	F11	F21
SF1	Pearson Correlation	1	.329	.440
	Sig. (2-tailed)	.	.198	.077
	N	17	17	17
F11	Pearson Correlation	.329	1	.598*
	Sig. (2-tailed)	.198	.	.011
	N	17	17	17
F21	Pearson Correlation	.440	.598*	1
	Sig. (2-tailed)	.077	.011	.
	N	17	17	17

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表格5的数据显示，语音第1共振峰和头顶信号第1共振峰的相关系数为0.329，和太阳穴信号第1共振峰的相关系数为0.440。

表格 6 头部信号频谱的相关系数表

Correlations				
		SF1	F31	F41
SF1	Pearson Correlation	1	.173	.235
	Sig. (2-tailed)	.	.508	.364
	N	17	17	17
F31	Pearson Correlation	.173	1	-.016
	Sig. (2-tailed)	.508	.	.952
	N	17	17	17
F41	Pearson Correlation	.235	-.016	1
	Sig. (2-tailed)	.364	.952	.
	N	17	17	17

表格6的数据显示，语音第1共振峰和前额信号第1共振峰的相关系数为0.173，和后脑信号第1共振峰的相关系数为0.235。

表格 7 头部信号频谱的相关系数表

Correlations

		SF2	F12	F22
SF2	Pearson Correlation	1	-.025	.691*
	Sig. (2-tailed)	.	.924	.002
	N	17	17	17
F12	Pearson Correlation	-.025	1	.024
	Sig. (2-tailed)	.924	.	.927
	N	17	17	17
F22	Pearson Correlation	.691*	.024	1
	Sig. (2-tailed)	.002	.927	.
	N	17	17	17

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表格7的数据显示，语音第2共振峰和头顶信号第2共振峰的相关系数为-0.25，和太阳穴信号第2共振峰的相关系数为0.691。

表格 8 头部信号频谱的相关系数表

Correlations

		SF2	F32	F42
SF2	Pearson Correlation	1	.227	-.495*
	Sig. (2-tailed)	.	.382	.043
	N	17	17	17
F32	Pearson Correlation	.227	1	-.481
	Sig. (2-tailed)	.382	.	.051
	N	17	17	17
F42	Pearson Correlation	-.495*	-.481	1
	Sig. (2-tailed)	.043	.051	.
	N	17	17	17

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

表格8的数据显示，语音第2共振峰和前额信号第2共振峰的相关系数为0.227，和后脑信号第2共振峰的相关系数为-0.495。

表格 9 头部信号频谱的相关系数表

Correlations

		SF3	F13	F23
SF3	Pearson Correlation	1	.745*	.709*
	Sig. (2-tailed)	.	.001	.001
	N	17	17	17
F13	Pearson Correlation	.745*	1	.434
	Sig. (2-tailed)	.001	.	.082
	N	17	17	17
F23	Pearson Correlation	.709*	.434	1
	Sig. (2-tailed)	.001	.082	.
	N	17	17	17

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表格9的数据显示，语音第3共振峰和头顶信号第3共振峰的相关系数为0.745，和太阳穴信号第3共振峰的相关系数为0.709。

表格10的数据显示，语音第3共振峰和前额信号第3共振峰的相关系数为0.657，和后脑信号第3共振峰的相关系数为0.746。

表格 10 头部信号频谱的相关系数表

Correlations				
		SF3	F33	F43
SF3	Pearson Correlation	1	.657*	.746*
	Sig. (2-tailed)	.	.004	.001
	N	17	17	17
F33	Pearson Correlation	.657*	1	.531*
	Sig. (2-tailed)	.004	.	.028
	N	17	17	17
F43	Pearson Correlation	.746*	.531*	1
	Sig. (2-tailed)	.001	.028	.
	N	17	17	17

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

总体上看，4种信号中，太阳穴信号的第2共振峰的相关系数和语音第2共振峰的相关系数最大。而4种信号第3共振峰和语音第3共振峰的相关系数都为显著相关。因而可以看出，太阳穴信号和语音信号的频谱最为接近。

七、结论

研究结果表明，标准元音和头部 4 个部位的共鸣有以下关系和性质：1）元音的高低和头部共鸣有明显关系，高元音使得头部有较大的共鸣，而低元音头部的共鸣则较小；2）前元音语音的共鸣要稍大于后元音语音的共鸣，而头部信号则不是很明显；3）无论是语音信号还是头部信号，圆唇元音和展唇元音在振幅上都没有明显的差别；4）语音的振幅和嗓音的振幅没有明显的变化关系；5）语音的振幅和头顶信号的振幅有显著的相关，具体体现为：语音振幅越大头顶信号越小；6）语音的振幅和后脑信号的振幅相关；7）头部 4 种信号的振幅相关；8）对 6 种信号的共振峰的相关分析表明，太阳穴部位采集的信号的频谱和语音的频谱最为接近。

八、讨论

从语音学和言语声学的角度来研究和讨论语音的共鸣，通常是将重点放在语音区别功能上，即语音的语言学意义，这时语音的头部共鸣、胸部共鸣等往往被忽略，但如果从更广泛的领域来看，人体身体其它部位语音的共鸣则具有很重要的意义，比如在声乐中，人体其它部位共鸣对语音色彩的影响，不仅有共鸣部

位的问题，还有共鸣部位质量的问题；在言语工程中，接触式麦克风应放置的位置和频响关系等问题；在生理方面，骨传导助听器的频响设计和放置位置问题；在声纹鉴定方面，从声音的共鸣模式和色彩能否辨别出人的个性特征的问题。所有这些问题都为我们研究语音头部共鸣和身体其它部位的共鸣提出了新的要求，同时也开辟了语音学研究的新领域。但同时我们也可以看到，这方面的研究无论从研究设备和信号处理算法上，还是从言语声学理论上都有很大地改进和提高的余地，需要更多的研究人员去努力。

参考文献

黄永旺等，2006，《不同声部发声共鸣特点分析》，《听力及言语疾病杂志》，第 14 卷，第 1 期。

黄永旺等，1994，《发音共鸣腔的多导频谱同步分析》，《中华耳鼻咽喉杂志》，1996 年，29: 176。

黄永旺等，1997，《播音员与歌唱者的共鸣特点分析》，《听力及言语疾病杂志》，1997 年，5: 24。

王士谦，1987 年，《关于歌手共振峰概念的由来及声学应用》，《应用声学》，1987 年，4: 10。

Tom K, Tize IR, et al. Three-dimensional vocal tract imaging and formant structure: varying vocal register, pitch and loudness. J. Acoust Soc Am, 2001, 109:742.

Sundburg J. Vocal tract resonance in singing. The National Association of Teachers of Singing, 1988,44:11.

(孔江平，北京大学中文系，100871)

壮语龙州话声调的声学分析*

A Phonetic Study on Tones in Longzhou Speech

李洪彦 蓝庆元 孔江平

Abstract The tones of monosyllables and disyllables in the Longzhou Speech, Zhuang language are analyzed with the experimental phonetics in this paper, and two disyllable tone phonemes from the sandhi have been discovered in the analyses of disyllables.

引言

壮语南、北方言，龙州话和武鸣话可为代表。龙州话属于南部方言的左江土语，主要通行于龙州县城。¹

龙州话的声调因声母清浊的不同，而各分阴阳两类，共有六个舒声调和两个促声调，与汉语的平、上、去、入各分阴阳的八个调类相当。舒声调每个调类只有一个调值，促声调则因元音长短的不同，每个调类又分化为两个调。

一 关于龙州话声调的研究

关于龙州壮语声调的研究成果主要集中在两本专著中，一是李方桂先生 1935 年调查后写成的《龙州土语》（后文简称《土语》），²一是梁敏、张均如等先生合著的《壮语方言研究》（后文简称《研究》），³有关声调的研究比较如下：⁴

调类	出处	调值	例字	描写
1	土语	33 (长)	药 ja ¹	中平
	研究	33	厚 na ¹	末尾稍微有点下降，近似 332
2	土	31	遮	中降至低，是缓降

* 本文研究得到中国社会科学院重大项目“汉藏语声调的声学分析（侗台语卷）”的资助。
¹ 龙州县位于桂西南，其西北与越南接壤，南与宁明县、凭祥市毗邻，北接大新县，东临崇左县。
² 李方桂：《龙州壮语》，商务印书馆，1940 年，第 16 页。
³ 李方桂：《龙州壮语》，商务印书馆，1940 年，第 140 页。
⁴ 原文调值后加两点，表示是长元音。

	语	(长)	ja ²	调
	研究	21	田 na ²	
3	土语	24 (长)	草 ja ³	半低升至半高
	研究	24	脸 na ³	实际是曲折调，近似 214，低降不明显
4	土语	31 (长)	襁ja ⁴	中降至低，速降调，后面永远有喉音 [?]
	研究	32	马ma ⁴	音节末尾带喉塞音
5	土语	55 (长)	了 ja ⁵	高平
	研究	55	骂 da ⁵	
6	土语	11 (长)	夏 ja ⁶	低平
	研究	11	河 ta ⁶	
7	土语	55 (长) /55	舂米碓 ɬak ⁷ / 任 何 ɬak ⁷	高平，依据元音的长短分为长短两种
	研究	55	锄 头 kuk ⁷ / 肝tap ⁷	
8	土语	21 (长) /21	根lak ⁸ / 偷lak ⁸	是半低降至低，亦有长短两种
	研究	11	山 谷 luk ⁸ / 孩 子 luk ⁸	
10	研究	32	鸟 nuk ¹⁰	从 8 调分化出来，只有短音

两种传统记音基本一致，只是 2 调、4 调、8 调有 1 度之差。最大的差别在于《研究》中从 8 调分化出一个短调 10 调，《研究》中并没有给出解释。

关于双音节声调，《研究》中没有论及，《土语》中认为基本没有变化，只是有几个高平调因为重读的关系变为高升调，如：tai“带”、kai

“块”、bart “次”、jit “伸”，⁵这是5调和7调的字，但是在什么条件下重读，这些字又处于什么语音环境下变调，李方桂先生没有提及。

实验语音学方法由于其实验的科学性和客观性在研究声调方面有一定优势，本文将通过实验语音学的方法对龙州壮语的单字调和双音节声调进行分析研究。

二 实验说明

龙州话双音节声调理论上有 $9 \times 9 = 81$ 种组合，12种组合没有找到例词，实际上共有69种组合。每个调类或调类组合选3个词，每个词读两遍。一共四位发音人，两男两女，都是龙州县人。由于男女声基频范围不同，两个男生进行平均，两个女生进行平均，这样每个调类或调类组合共有12个样本。

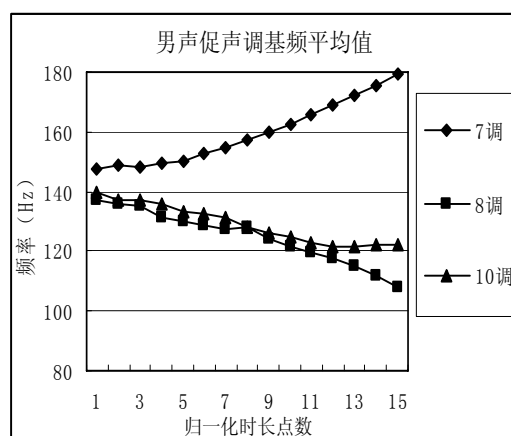
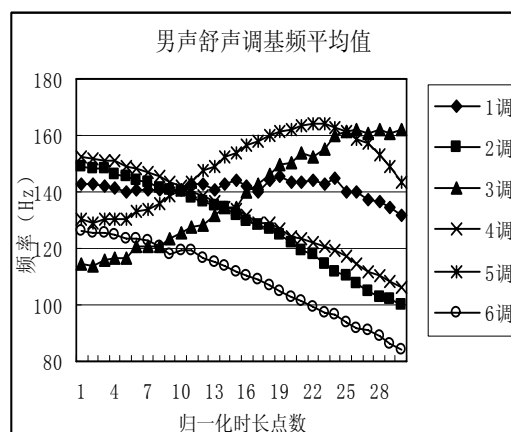
本文所用语音材料是2003年3月在广西龙州县录制，录音软件为Cooledit2.0。采用双声道录制，左声道录制声音信号，右声道录制声门阻抗信号（EGG信号），采样频率为22050khz。分析软件为实验室编写的软件。⁶

首先利用自相关算法提取基频周期，软件自动提取不够准确的地方根据声音波形和宽带语图进行手工修改。然后去除弯头降尾，再把语音样本进行平均，进行多项式拟合，获得拟合后的声调曲线图和声调参数。同时，该软件还对基频进行了时长归一化处理，处理后，舒声调取30个点，促声调取15个点。

三 实验结果分析

1. 单字调

根据得到的数据，利用Excel软件作出龙州壮语单字调的平均基频图，以男声为例：



4调和2调的调型、起始点基本一致，明显下倾，覆盖了调域的大部分。

《土语》和《研究》都认为4调和2调之所以要区别是因为4调字的音节末尾都带有喉塞，而且和汉语塞尾的演变不同，即使是鼻音韵尾的-m、-n、-ŋ后仍然有喉塞尾，只是这些鼻音韵尾受喉塞尾的影响几乎变成同部位的-p、-t、-k了。第4调比其他调显得短促，但元音仍分长短。至于，为什么属于舒声调的4调会有喉塞尾，梁敏、张均如（1996）认为是古上声字带-ʔ韵尾在该地区留下的遗迹。

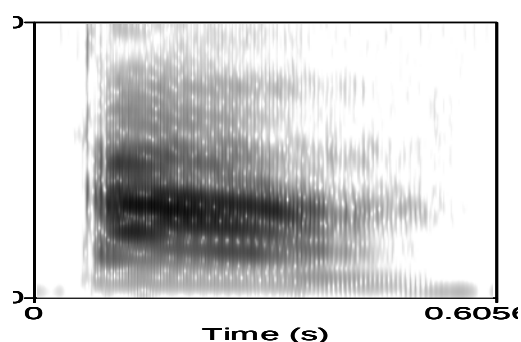
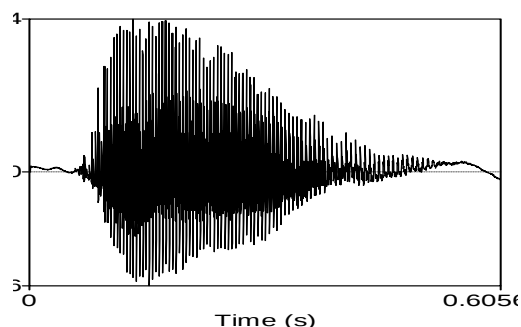
另外，4调有喉塞尾的不止是龙州壮语，南部方言中邕南、扶绥、上思、崇左、宁明、大新等地壮语的4调字音节结尾都带有喉塞尾。究竟4调末尾是否有喉塞尾呢？喉塞尾又有什么声学表现呢？

下面我们对比观察一下带喉塞尾的音节和不带喉塞尾的音节的波形图和语图，看看龙州壮语中的喉塞尾的声学特征：

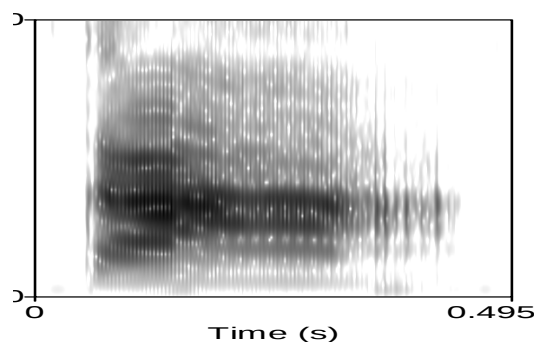
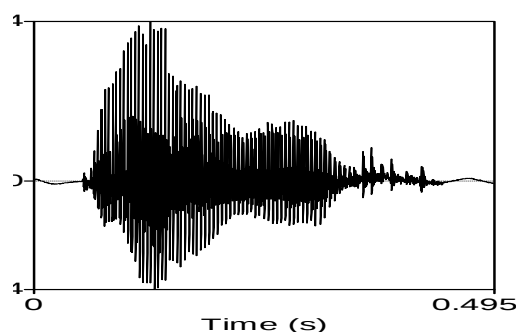
⁵ 李方桂：《龙州壮语》，商务印书馆，1940年，第19页。

⁶ 程序由孔江平和吴西榆编写。

下边是不带喉塞尾的 2 调音节“茅草” ka^2 的波形图和语图。以女 1 语音为例：



下边是带喉塞尾的 4 调音“告诉” ka^2 的波形图和语图。



比较上面四幅图可以看出，波形图上，喉塞尾音节有突然而止的特征，语图上元音后面有不只一条的冲直条。但是基频数据表明结尾

处基频并没有突然上升。另外，时长上 4 调确实相对短些，男声 4 调平均时长为 163 毫秒，女声为 207 毫秒，而其他舒声调平均时长男声为 209 毫秒，女声为 319 毫秒。因此，龙州壮语 4 调塞尾的声学表现为波形图上的戛然而止，语图上元音后面的多条冲直条以及时长上的相对较短。

5 调是单字调中唯一的曲折调，先升后降，但是最高点并不在中间，而是大约在四分之三处，前四分之三是升调，后四分之一是降调。位于整个调域的上半部分。《土语》和《研究》都认为 5 调是高平调，和本文的实验数据不同。另外，本文所用四位发音人在 5 调的表现上也有所不同。其中男 2 和女 2 是明显的拱调，但是男 1 和女 1 的拱度很小，听感上也是以“升”为主要特征。但考虑到“凸”是 4 人共有的特征，再加上 5 调在双音节声调中的表现，即作为后字时为升降调，作为前字时是升调，单字调为曲折调的调在做前字时容易变为升调或降调，比如普通话的上声，而单字调为升调或降调的调没有理由在后字时变为曲折调，因此，这里把 5 调定为升降调。

10 调是从 8 调中分化出来的短调。和 8 调一样，也是位于整个调域的下半部，呈缓慢的下降趋势，是低降调。从图上看，10 调和 8 调无论是调型还是调值上都没有什么区别。

另外，双音节声调中的 8 调和 10 调无论作为前字还是后字，也基本没有差别，再加上没有找到 8 调和 10 调的最小对立体，因此，本文认为 8 调和 10 调应该合并。我们推测《研究》中把 10 调从 8 调中分立出来可能是由于，8 调内部声调的一致性稍差一些，一些降得轻了，听感上就接近于平了，一些降得重了，听感上就接近于降，所以《研究》中认为 8 调是低平 11，10 调是低降 32，而后者和我们的实验数据正好相吻合。

1 调的基频曲线位于整个调域的中上部，基频曲线总体看来比较平缓，因此可以认为 1 调是个平调。另外，由图上可以看出来，1 调末尾

确实稍微有些下倾，验证了《研究》里面关于 1 调的描写“末尾稍微有点下降，近似 332”。但是这个下倾太过轻微，不足以改变整体“平”的趋势，所以仍然把 1 调看作是平调。

2 调的基频曲线呈明显下降趋势，覆盖了整个调域的大部分。下降幅度比较大，而《土语》中认为是“缓降调”，《研究》中标为 21，下降的程度都略嫌轻微了。总的说来 2 调可以看成是一高降调。

3 调的基频曲线也覆盖了整个调域的大部分，呈明显的上升趋势。

6 调也是一个降调，但降幅比较小，只占了整个调域的下半部分，是低降调。6 调也和以前的研究有所不同，《土语》和《研究》都认为是低平调，5 度调值为 11，实验数据表明 6 调应该是一个低降调。

7 调是促声调里的高调。位于整个调域的中偏上部，呈缓慢的上升趋势，是高升调。7 调在《土语》和《研究》中被认为是高平调，实验数据表明它有升的特征，应该是高升调。二者的差别反应了实验语音学和传统的听辨记音的差别，可能听感上这种高平和高升不是差别很大，因为升得很缓，听感上就接近于平了，在归纳音位时为了和高平的 5 调调值相配，就把 7 调记成了高平。

8 调是促声调里的低调。位于整个调域的下半部，呈缓慢的下降趋势，是低降调。8 调《土语》中认为是低降调，调值是 21，《研究》中认为是低平调，调值是 11，本文的实验数据表明它有降的特征，应该是低降调。

5 度值标调法是当前声调描写中的通行方法，把基频 F0 值转换为 5 度值有多种方法，利用公式算出来的数据并不完全等同于最后的 5 度值，还需要综合考虑其他因素来确定 5 度调值。本文采用如下公式：

$$Ti = [(lgx - lgb) / (lga - lgb) \times 4] + 1$$

其中 a 和 b 分别代表整个调域基频值的上限和下限，x 代表要求的数据点的基频值。这样就得到起点、终点和折点的 T 值，然后取整得

到龙州壮语单字调的 5 度值，如下表：

	1 调	2 调	3 调	4 调	5 调	6 调	7 调	8 调
男	44	42	35	42	354	31	45	32
女	44	41	35	41	354	31	45	32
综合	44	42	35	42	354	31	35	31

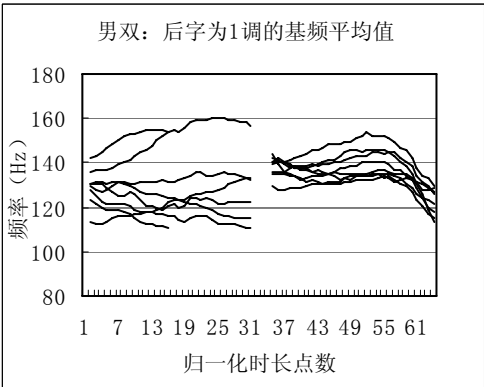
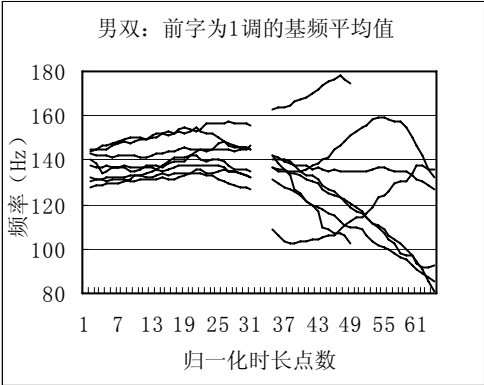
分析上表数据，1 调、3 调、5 调、6 调男女声一致，都没有问题。2 调和 4 调男声为 42，女声为 41，定为 42 或 41 都可。7 调和 8 调都是缓升缓降，只有一度的差别，1 度在听感上差别太小，归纳声调音位是在严式记音的基础上综合考虑其他因素最后用宽式记音来确定调值，通行的做法是起始值至少要差两度以上。另外，7 调 8 调是促声调本身调长较短，如果它们可以延长到舒声调的长度，也会至少差别在两度以上。再考虑到系统性，壮语 7、8 两类促声调在 6 个舒声调中都可以找到调值相同或相近似的声调，而且往往是促声的单数调与舒声的单数调相配，促声的双数调与舒声的双数调相配，因此，我们把 7 调定为 35，与 3 调相配，把 8 调定为 31，与 6 调相配。这样，2 调和 4 调定为 42 也就比较符合系统性原则了。

总体说来，本文通过实验得到的结果和以前听辨记音的结果差别比较大，没有任何一个调类是全完一样的，但大部分是相近的。其中 1 调、2 调、3 调、4 调差别并不是很大，只是具体的起点或终点有一度之差，不同的人描写声调时，这种差别是允许的。7 调和 8 调看上去差别比较大，但也是可以解释的。7 调以前认为是高平 55，本文认为是高升 35，但它的实际调值只有 45，因此和以前结论也就差别不大了。8 调和 10 调在本文中合并为一个调，虽然记为 31，但实际调值的起点和终点差别也只有 1 度，因此和《土语》中的 8 调 21 还有《研究》中的 10 调 32 也是相近的。差别最大的是 5 调和 6 调，调型和调值都有很大差别，5 调以前研究认为是高平 55，本文结论是高升降 354。6 调以前研究结论是低平，本文结论是低降 31。至于为什么会发生这种情况，还有待进一步研究。

2. 双音节调

基于单字调的分析，我们把 8 调和 10 调合并，比较做前字和后字时的不同情况，每个调类分别论述如下：

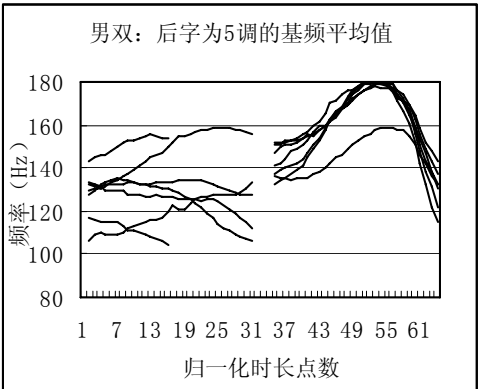
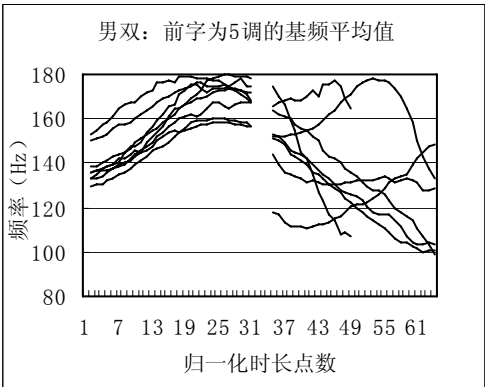
1 调是平调，平调是容易发生变调的调类。我们仍然以男声为例，观察 1 调在做前字和后字时的不同表现：



由上图可以看出，1 调作为前字时，基本和单字调时无异，整体趋势是平调，末尾略有一点降，但不影响作为平调的整体特征。但是在后字时，1 调音节末尾降的特征被扩大了，在音节的 2/3 处开始下降，下降的幅度大约为 1 度，并且在听感上降的特征也比较明显，因此，我们把 1 调在后字时作为变调处理，由平调变为平降调。

5 调是一个曲折调，曲折调是最容易发生变调的调类，很多语言中，曲折调位于前字时都发生变调，最典型的如普通话的上声。曲折调相对而言是一个比较复杂的调，省力原则使它在语流中常常趋简，有时只读前半部，有时只读后半部。从上图可以看出，在龙州壮语中，5 调位

于前字时是变为升调，位于后字时是本调。作前字时位于整个调域的上半部，是一个高升调。



2 调在双音节声调中基本没有变化，和单字调在调型和调值上差别很小。只是 2 调作为前字时，降的幅度比单字调有所减弱，呈缓降趋势，但是在连字调的分析中，由于音节之间的协同发音而产生的相互影响和整个语调的调节作用，经常会在单字调的调型和调值基础上发生一些微弱的改变，一般整个声调的调域会收缩，达不到单字调中的最高点和最低点，这样升度、降度以及曲度就会变弱。原则上只要改变没有大到一定幅度，需要在听感上和原有单字调对立起来，或者只要不与其他声调发生混淆，就属于语流中的自然现象，不需要看作变调。

3 调在作为前字和后字时也没有变调，基本和单字调一致。只是，3 调作为前字时，升的幅度没有单字调高，最高点比单字调时要低一些。

4 调没有变调。做前字时，没有单字调下降幅度大。为后字时，2 调+4 调这一调类组合表现得比较特殊，2 调和 4 调在调型和调值本来没

有区别，但是在这个组合中，2 调的终点竟然高过了 4 调的起点，也是最高点。这种现象和语调中的“降阶”现象类似，比如普通话中两个阴平、阳平或去声相连，后字的基频曲线也基本低于前字的基频曲线。这种现象应该也是与前后声调之间的相互影响有关，后字的起点受前字终点的调值影响，一般都比单字调时更趋近于前字终点。但是这样并不能解释为什么普通话两个阴平相连也会发生后字较低的情况，本文认为呼吸群理论和音高下倾理论可以解释这一现象，上述理论认为一句话起始处声门下压力最强，然后逐渐减弱，双字词虽然不是一句话，但是在实验中基本是单说或独立的，因此也符合这一理论。类似的现象还有后面的 6 调+6 调的情况，后文就不再提及。但是两个相同调类相连只是产生这种情况的必要条件而不是充分条件，本文中两个平调相连(1 调+1 调)，两个升调相连(3 调+3 调)，两个降调相连的其他情况(4 调+2 调)都没有发生这种现象。

6 调、7 调和 8 调在双音节语流中都没有发现变调。

归纳之后，得到龙州壮语 8 种双音节变调模式，这 8 种模式是龙州壮语双音节词的连读变调模式，列表说明如下（括号内画线的是促声调调值）：

龙州壮语双音节变调模式

连读变调形式	出现条件	调值
1	1+1	44+443
2	2+1, 4+1	42+443
3	3+1, 5+1(7+1)	35+443(<u>35</u> +443)
4	6+1(8+1)	31+443(<u>31</u> +443)
5	5+2, 5+4	35+42
6	5+3 (5+7)	35+35 (35+ <u>35</u>)
7	5+5	35+354
8	5+6 (5+8)	35+31 (<u>35</u> +31)

其中，发生变调的有两种情况，得到两个变调规则公式：

1 调[44]→[443]/前字+__

5 调[354]→[35]/__+后字

四 小 结

通过上面对龙州壮语声调的声学分析和数

据统计，本文得到了龙州壮语单音节的声调系统和 9 种双音节变调模式以及两种变调规则：

1. 单字调系统：

龙州壮语单字调

	调类	5 度值		调类	5 度值
舒声调	1	44	促声调		
	2	42			
	3	35		7	<u>35</u>
	4	42			
	5	354			
	6	31		8	<u>31</u>

2. 双音节 8 种变调模式（详见表“龙州壮语双音节变调模式”）。

3. 双音节变调规则：

1) 当 1 调位于后字时变为平降调，调值为 443；

2) 当 5 调位于前字时变为 3 调，调值为 35。

参考书目

李方桂：《龙州土语》，商务印书馆，1940 年。
梁敏、张均如等：《壮语方言研究》，四川民族出版社，1999 年。
梁敏、张均如：《侗台语族概论》，中国社会科学出版社，1996 年。
吴宗济、林茂灿主编：《实验语音学概要》，高等教育出版社，1989 年。
石锋：《天津方言双字组声调分析》，《语言研究》1986 年第 1 期。
朱晓农：《上海声调实验录》，上海教育出版社，2005 年。

（李洪彦 孔江平 北京 北京大学中国语言文学系 100871
蓝庆元 广州 广东技术师范学院民族研究所 510665 北京 中国社会科学院民族学与人类学研究所 100081）

广东诗洞标话双音连字调的音系学研究*

Phonological Study on Disyllabic Tone Sandhi of Piao

Language in Guangdong Province

谭晶晶 孔江平

Abstract:

This paper is concerned with the acoustical analysis and auto-segmental phonological study on the tones and diatones of Piao language (Shidong speech), which belongs to the Kam-Sui branch, Kam-Tai language group, Sino-Tibetan family. Based on results of acoustical analysis, the rules of the disyllabic tone sandhi have been drawn. The rules are: (1) the disyllabic tone sandhi only takes place in the first syllable. (2) when the tone of the first syllable belongs to series A, it will turn to a mid-flat tone in disyllabic tone sandhi, when the tone of the first syllable belongs to series B, it will turn to a low-fall tone in disyllabic tone sandhi. In addition, some phenomena have been observed through the processes of the experiments auto-segmental study.

Key Words: Piao language, tone sandhi, acoustic analysis, auto-segmental phonology

0 引言

声调是汉藏语系语言的一个重要特征，而连读变调既是字调的动态表现，又是语调的动态表现，因而对连读变调的研究显得十分重要。最近 20 多年来，对汉语方言的连读变调的研究不但是方言学界的热点，还受到了生成音系学家的广泛关注。同时，也有人对壮语、侗语、傣语等少数民族语言的连读变调现象进行了描写和分析，但是和汉语方言相比，还有很多少数民族语言的连读变调现象等待我们去发现、去描写。本文的研究对象是一种少数民族语言——标话，根据梁敏、张均如（2002）的研究，标话属于汉

藏语系侗台语族的侗水语支，其使用者没有自己的民族称谓，均报为汉族，但他们也意识到自己和汉族人有所不同，所以自称为“讲标人”或“讲标佬”，根据《怀集县志》（1993）和《封开县志》（1998）的统计，目前标话的使用人口大概有 20 万左右。标话主要分布在我国广东省肇庆市怀集县的诗洞、桥头、永固、大岗、梁村等地以及封开县与之毗邻的长安、金装、七星等地。各地标话之间有一些细微的差异，本文研究的基础是诗洞标话。我们用声学分析的方法，较为精确、全面地描写了标话的声调系统，在此基础上我们将运用自主音段音系学的方法对单音节声调和双音节连字调进行分析，试图简明地总结出变调的规律。

1 标话音系简介^①

1.1 声母系统

标话的声母系统在侗台语中比较简单，诗洞标话共有 21 个声母：

表 1 诗洞标话的声母及例词

p	ph	m	f	w
t	th	n	θ	l
ts	tsh	ɲ	s	j
k	kh	ŋ		(kw)
ʔ			h	

1.2 韵母系统

标话的韵母系统比较复杂，一共有 79 个韵母，还有两个自成音节的辅音：ŋ、m。

表 2 诗洞标话的韵母系统

i	(e)	ɛ	a	ɔ
ia			a:i	ai
io	iu	eu	a:u	au
iam	im	em	a:m	am
	in	en	a:n	an
iaŋ	iŋ	eŋ	a:ŋ	aŋ

* 本文研究得到中国社会科学院重大项目“汉藏语声调的声学（侗台语卷）”的资助。

iap	ip	ep	ɛp	a:p	ap	
	it	et	ɛt	a:t	at	ɔt
iak	ik	ek	ɛk	a:k	ak	ɔk
o	œ	ø	u	y	ɲ	m
oi	œi			ui		
	œm	øm				
		øn	un	yn		
oŋ	œŋ	øŋ	uŋ	yŋ		
		øp				
	œt	øt	ut	yt		
ok	œk	øk	uk			

1.3 声调系统

根据梁敏、张均如（2002）的研究，标话的声调系统和大部分侗台语的声调一样经历了一个从无到有、逐渐分化的过程。首先产生的是 A、B、C、D 四类声调，接着这四类声调又因声母清浊的不同发生了分化，形成了 A1、A2、B1、B2、C1、C2、D1、D2 这八个声调，后来两个促声调（即 D 调类）因韵母元音长短不同有各自发生了分化，所以现在各地标话都有十个调类，其中 6 个舒声调，4 个促声调。梁敏、张均如认为，4 个促声调在 6 个舒声调中都可以找到相同或相近的调值，而且单双数调各自相配，如第 7 调与第 1 调、第 9 调与第 5 调、第 10 调与第 6 调的调值相同，第 8 调与第 4 调的调值相近。具体说来，诗洞标话声调系统如下表所示：

表 3 诗洞标话的声调系统

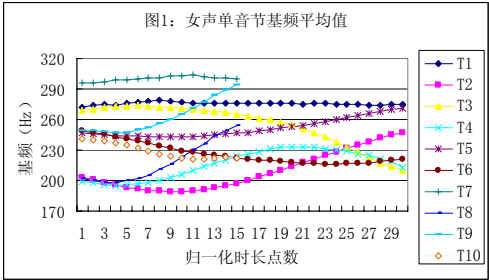
调类	调值	例词
1	55	pha ¹ (卖)
2	214	wa ² (水牛)
3	54	a ³ (树枝)
4	132	ŋau ⁴ (手指)
5	35	ka ⁵ (楼)
6	22	ja ⁶ (绳子)
7	55	tshak ⁷ (重)
8	12	jak ⁸ (骨头)
9	35	pa:t ⁹ (八)
10	22	la:p ¹⁰ (蜡)

2 诗洞标话声调的实验研究

为了更准确地描写诗洞标话的声调，我们对单音节声调和双音节连字调进行了较为全面细致的声学分析。在编制词表的时候，我们按照 10 个单音节调类进行选词，每个调类选词 3 个，再将 10 个单音节调类进行组合，得到 10×10=100 种双音节调类组合，每个调类组合选词 3 个，然后选取男女各 2 名发音人，每个词发音 2 遍，这样每个调类或调类组合就得到了 24 个语音样本。接下来我们用自相关的方法提取它们的基频，并对基频进行时长的归一化处理，得到基频数值以后，将男女两组样本（即男女各 12 个样本）的基频数值分别进行平均，再将这些数值输入 Excel 画图，这样就可以非常直观地得到诗洞标话单音节声调和双音节连字调的基频曲线图，这些基频曲线图就是本文讨论的基础（男声、女声在调型、基频曲线数值在调域中的相对位置都基本一致，因此为简明起见，本文仅以女声的基频曲线图为例）。

2.1 单音节声调的分布

我们将 10 条单音节基频曲线画在同一张图中，就得到了单音节的声调的分布图：



基频是声调的物理基础，但是光有基频值，还不能直接说明语言学的问题，因此我们要采用下面的公式将基频值转换成 5 度值：

5 度值 = (lgx - lgb) / (lga - lgb) × 4) + 1^②

根据换算的结果，我们得到了诗洞标话单音节声调的 5 度值，并把它们和梁敏、张钧如《标话研究》中记录的 5 度值进行比较：

表 4 诗洞标话单音节声调 5 度值

调类	本文结果	《标话研究》记音
1 调	44	55

2 调	13	214
3 调	52	54
4 调	132	132
5 调	34	35
6 调	22	22
7 调	<u>55</u>	<u>55</u>
8 调	<u>13</u>	<u>13</u>
9 调	<u>35</u>	<u>35</u>
10 调	<u>22</u>	<u>22</u>

通过实验得到的大部分结果和《标话研究》中记音的结果在调型上基本一致，只是在具体调值上略有差别，例如 1 调我们把它描写成 44，他们的描写是 55，4 调我们把它描写成 232，他们的结果是 132，5 调我们的结果是 34，他们的描写是 35。我们知道，5 度标调法是一种音位标调法，为了不让调型混淆，或是为了更好地描述某些变调规律，记音的时候往往会在调值上略作调整，因此如果调型没有太大的差别，那么调值略有出入也是允许的。调值方面我们和《标话研究》中记音差别较大的地方是 3 调。3 调他们的描写结果是 54，但是从基频曲线图上我们可以很清楚地看到 3 调的降幅很大，所以我们把它的终点定为 2 度，记为 52。我们的这种描写是为了更符合 5 度标调法相似性的原则，是为了让音位标音和实际的音值更加接近。由于 2 度和 4 度在调值上相差较远，如果用自主音段音系学的“H、M、L”标调法来表示，一个是低调（L），一个是高调（H），这样的差别可能会影响到双音节变调规律的总结。在调型方面我们和《标话研究》中记音有出入的主要是 2 调。2 调原来被记成一个曲折调 214，但是从基频曲线上看，它虽然有“凹”的特征，但是弧度和《标话研究》中记为降调的 3 调差不多，而且这两个调从听感上来说都很难听出曲折的特点，所以我们把它们都处理成了非曲折调。最后来看 6 调和 10 调。《标话研究》中的记音结果是把它们处理成一个低平调，根据我们实验画出的基频曲线发现它们和典型的平调（如 1 调、7 调）相比有比较明显的下降趋势，但是 10 调的降幅没有达到 1 度，6 调的下降的幅度正好是 1 度左右，但是它和 10 调基

频曲线的前半部分是基本重合的，而且从听感上来说，它们降调的特征并不是很明显，所以 we 和《标话研究》中记音一样，也把它们处理成了一个低平调。

2.2 双音节连字调

从理论上说，双音节连调式的数量应该等于单字调的几何级数，也就是说，诗洞标话应该有 10×10=100 种连调式，但是根据双音节的基频曲线图（为节省篇幅，本文不打算将全部的双音节基频曲线图一一列出，只在必要的时候举出一些作为例证。），我们发现诗洞标话存在着很有规律的连读变调现象，除了极少数的例外，其连读变调规律可以总结如下：

- 1. 前字变调，后字不变调。
- 2. 前字单念时是阴调的，不论后接字单念时的声调是什么，前字一律变成中平调。
- 3. 前字单念时是阳调的，不论后接字单念时的声调是什么，前字一律变成低降调。

根据这些规律，我们可以总结出诗洞标话的 23 种双音节变调模式：

表 5 诗洞标话双音节连字调变调模式

	变调模式	出现条件
1	33+44	1、3、5、7、9+1
2	33+13	1、3、5、7+2
3	33+52	1、3、5、7、9+3
4	33+132	1、3、5、7、9+4
5	33+34	1、3、5、7、9+5
6	33+22	1、3、5、7、9+6
7	33+ <u>55</u>	1、3、5、7、9+7
8	33+ <u>13</u>	1、3、5、7+8
9	33+ <u>35</u>	1、3、5、7、9+9
10	33+ <u>22</u>	1、3、7+10
11	21+44	2、4、6、8、10+1
12	21+13	2、4、6、8、10+2
13	21+52	2、4、6、8、10+3
14	21+132	2、4、6、8、10+4
15	21+34	2、4、6、8、10+5
16	21+22	2、4、6、8、10+6
17	21+ <u>55</u>	2、4、6、8、10+7
18	21+ <u>13</u>	2、4、6、8、10+8
19	21+ <u>35</u>	2、4、6、8、10+9
20	21+ <u>22</u>	2、4、6、8、10+10
21	34+ <u>22</u>	5、9+10

22	<u>33+32</u>	9+2
23	<u>34+13</u>	9+8

其中，连调式 1~20 是规律的变调，连调式 21、22、23 是变调的例外，如：

连调式	调值	例词	汉语意
21	34+ <u>22</u>	θi ⁵ nət ¹⁰	四月
21	<u>34+22</u>	pa:t ⁹ nət ¹⁰	八月
22	<u>33+32</u>	fa:t ⁹ sai ²	赌咒
23	<u>34+13</u>	tiak ⁹ lit ⁸	打猎

这些例外的出现，可能是选词的失误造成的，有些是因为找不到足够的合适的例词，如 9+2 和 9+10 这两种组合我们都只找到一个例词，还有 5+10 和 9+8，可能是借词的问题，造成这些例外的原因，还需要进一步考察，本文这里只考虑规则的变调情况。

3 诗洞标话双音节声调的自主音段音系学分析

在对声调进行声学实验分析的时候，我们要求的是尽可能精确地得到基频的数值，但是在归纳一个语言或方言的调位的时候，过于精细的描写有时候反而不利于说明调位的系统性，不利于更简明地表达音系规则。因此，我们打算运用自主音段音系学的方法对诗洞标话的声调进行转写，以图更明晰地说明其声调的音系特点。

3.1 自主音段音系学对声调的基本看法

生成音系学的标准理论（SPE，即“the Sound Pattern of English”一书）认为，语音是一种单线性结构，一段音流是由一系列按线性次序排列的音段构成的，而每个音段是由一组不具备线性次序的音段特征和超音段特征（如声调、重音等）组成，超音段特征只是音段的组成部分，不具备独立的地位。自主音段音系学产生于 70 年代后期，是后 SPE 的一个重要的音系学理论，由 Goldsmith. J（1976）提出，其基本思想就是声调和音段应该分属于不同的音层，它们都具有自己的线性结构限制。声调层和音段层之间是一种近似平行的关系，就像曲谱和歌词的关系一样。声调层和音段层既相互依存又各自独立，声调层的声调特征按照一定的

规则联接到音质音段上。

3.2 诗洞标话声调的音系学分析

自主音段音系学认为，声调的最小单位是平调，斜调和曲折调都可以分解为两个或更多平调的组合。在对一个语言的声调系统进行音系分析的时候，首先要确定这种语言里一共有几级音高对立，然后再看这种语言里共有多少区别意义的调型。如果有两级对立就用 H（高）、L（低）来描写，如果有三级对立就用 H（高）、M（中）、L（低）来描写。有些语言或方言有三级以上的音高对立，为了解决这一问题，美国汉学家 Yip（1980）提出了“阴阳域”（Register）的概念，认为这种多级的音高对立是阴阳两个调域和 H、L 两级音高共同作用形成的。

根据上面的分析，我们可以看到，由于诗洞标话的声调中有三个调值不同的升调，尤其是同为促声调的 8 调和 9 调，调值分别是 24 和 35，如果只用 H、L 两级音高对立，无法对它们进行区别。我们可以采用 H、M、L 三级音高对立的办法，也可以采用阴阳域和 H、L 两级对立的办法来描述诗洞标话的单音节声调，这样就得到如下所示的表：

表 6 诗洞标话单音节声调的音系学表达

调类	5 度值	H、M、L	阴阳域
1	44	H	阴 H
2	13	LM	阳 LH
3	52	HL	阴 HL
4	132	LML	阳 LHL
5	34	MH	阴 LH
6	22	L	阳 L
7	<u>55</u>	<u>H</u>	阴 <u>H</u>
8	<u>13</u>	<u>LM</u>	阳 <u>LH</u>
9	<u>35</u>	<u>MH</u>	阴 <u>LH</u>
10	<u>22</u>	<u>L</u>	阳 <u>L</u>

自主音段音系学认为^③，声调特征在和声调承负单位（TBU, tone bearing unit）联接时，要遵守一条强制非恒值原则，即声调特征的音列上不允许有两个相同的特征连续出现。也就是说，H、M、L 等音高特征在声调音层上总是交替出现的，每个特征可以和多个 TBU 相联，但是不允许同值的音高特征连续出现。比

如说，1 调按 5 度值来描写是 44，4 是高调，如果把每个数字都和一个音高特征对应，那么两个高调相连，就会形成“HH”这样的音高特征序列，但是这样的描写是不被接受的，按照强制非恒值原则，我们要把它描写成“H”。因此，我们将诗洞标话中的四个平调分别描写成H（1 调）、L（6 调）、H（7 调）、L（10 调）。

从上表中可以看出，采用 H、M、L 标调法后，抛开了繁琐的音高描写，简单地抽象出了诗洞标话声调的音高对立，舒声调和促声调也呈现出了较为整齐的对应分布（传统的语音学描写将 8 调与 4 调相配，而根据我们的实验结果，8 调与 2 调更相配，这样声调分布也更为整齐）。而如果用阴阳域来标调，1、3、5、7、9 调形成阴调域，2、4、6、8、10 调形成阳调域，阴阳调域都各有两级音高对立，声调分布也很整齐。

如果将双音节连字调也用 H、M、L 标调法来描写，我们可以得到下面的表：

表 7 诗洞标话双音节连字调的音系学表达

	后 1	后 2	后 3	后 4	后 5
前 1	M+H	M+LM	M+HL	M+LML	M+MH
前 2	L+H	L+LM	L+HL	L+LML	L+MH
前 3	M+H	M+LM	M+HL	M+LML	M+MH
前 4	L+H	L+LM	L+HL	L+LML	L+MH
前 5	M+H	M+LM	M+HL	M+LML	M+MH
前 6	L+H	L+LM	L+HL	L+LML	L+MH
前 7	<u>M</u> +H	<u>M</u> +LM	<u>M</u> +HL	<u>M</u> +LML	<u>M</u> +MH
前 8	<u>L</u> +H	<u>L</u> +LM	<u>L</u> +HL	<u>L</u> +LML	<u>L</u> +MH
前 9	<u>M</u> +H	<u>M</u> + <u>ML</u>	<u>M</u> +HL	<u>M</u> +LML	<u>M</u> +MH
前 10	<u>L</u> +H	<u>L</u> +LM	<u>L</u> +HL	<u>L</u> +LML	<u>L</u> +MH
	后 6	后 7	后 8	后 9	后 10
前 1	M+L	M+ <u>H</u>	M+ <u>LM</u>	M+ <u>MH</u>	M+ <u>L</u>
前 2	L+L	L+ <u>H</u>	L+ <u>LM</u>	L+ <u>MH</u>	L+ <u>L</u>
前 3	M+L	M+ <u>H</u>	M+ <u>LM</u>	M+ <u>MH</u>	M+ <u>L</u>
前 4	L+L	L+ <u>H</u>	L+ <u>LM</u>	L+ <u>MH</u>	L+ <u>L</u>
前 5	M+L	M+ <u>H</u>	M+ <u>LM</u>	M+ <u>MH</u>	<u>MH</u> + <u>L</u>
前 6	L+L	L+ <u>H</u>	L+ <u>LM</u>	L+ <u>MH</u>	L+ <u>L</u>
前 7	<u>M</u> +L	<u>M</u> + <u>H</u>	<u>M</u> + <u>LM</u>	<u>M</u> + <u>MH</u>	<u>M</u> + <u>L</u>
前 8	<u>L</u> +L	<u>L</u> + <u>H</u>	<u>L</u> + <u>LM</u>	<u>L</u> + <u>MH</u>	<u>L</u> + <u>L</u>

前 9	<u>M</u> +L	M+ <u>H</u>	<u>MH</u> + <u>LM</u>	M+ <u>MH</u>	<u>MH</u> + <u>L</u>
前 10	<u>L</u> +L	<u>L</u> + <u>H</u>	<u>L</u> + <u>LM</u>	<u>L</u> + <u>MH</u>	<u>L</u> + <u>L</u>

（说明：表中阴影部分表示例外的情况。）

但是双音节的变调规律如果用阴阳域的办法来说明，只需要一条规则：前字变成该字原调域中的低调。这样一来，变调规律就更为简明了。

根据强制非恒值原则，我们再对双音节连字调声调层的音高特征进行改写（例如 1 调+5 调，原来的音高序列是 M+MH，改写后变为 MH），得到双音节连字调的声调序列：

表 8 诗洞标话双音节连字调音高特征序列

	后 1	后 2	后 3	后 4	后 5
前 1	MH	MLM	MHL	MLML	MH
前 2	LH	LM	LHL	LML	LMH
前 3	MH	MLM	MHL	MLML	MH
前 4	LH	LM	LHL	LML	LMH
前 5	MH	MLM	MHL	MLML	MH
前 6	LH	LM	LHL	LML	LMH
前 7	MH	MLM	MHL	MLML	MH
前 8	LH	LM	LHL	LML	LMH
前 9	MH	ML	MHL	MLML	MH
前 10	LH	LM	LHL	LML	LMH
	后 6	后 7	后 8	后 9	后 10
前 1	ML	MH	MLM	MH	ML
前 2	L	LH	LM	LMH	L
前 3	ML	MH	MLM	MH	ML
前 4	L	LH	LM	LMH	L
前 5	ML	MH	MLM	MH	MHL
前 6	L	LH	LM	LMH	L
前 7	ML	MH	MLM	MH	ML
前 8	L	LH	LM	LMH	L
前 9	ML	MH	MHLM	MH	MHL
前 10	L	LH	LM	LMH	L

通过改写，我们发现诗洞标话的双音节音高特征序列可以归纳为以下 13 种：

1. MH（1+1，3+1，5+1，7+1，9+1，1+7，3+7，5+7，7+7，9+7）
2. MLM（1+2，3+2，5+2，7+2，9+2，1+8，3+8，5+8，7+8）
3. MHL（1+3、3+3，5+3，7+3，9+3，

5+10, 9+10)

4. MLML (1+4, 3+4, 5+4, 7+4, 9+4)

5. MH (1+5, 3+5, 5+5, 7+5, 9+5, 1+9, 3+9, 5+9, 7+9, 9+9),

6. ML (1+6, 3+6, 5+6, 7+6, 9+6, 1+10, 3+10, 7+10, 9+2)

7. LH (2+1, 4+1, 6+1, 8+1, 10+1, 2+7, 4+7, 6+7, 8+7, 10+7)

8. LM (2+2, 4+2, 6+2, 8+2, 10+2, 2+8, 4+8, 6+8, 8+8, 10+8)

9. LHL (2+3, 4+3, 6+3, 8+3, 10+3)

10. LML (2+4, 4+4, 6+4, 8+4, 10+4)

11. LMH (2+5, 4+5, 6+5, 8+5, 10+5, 2+9, 4+9, 6+9, 8+9, 10+9)

12. L (2+6, 4+6, 6+6, 8+6, 10+6, 2+10, 4+10, 6+10, 8+10)

13. MHL (9+8)

这样一来,连调式变得更为简明了,而且原来的一些例外,也能归入某个连调式,比如 5+10、9+10 归入了 MHL, 9+2 归入了 ML。

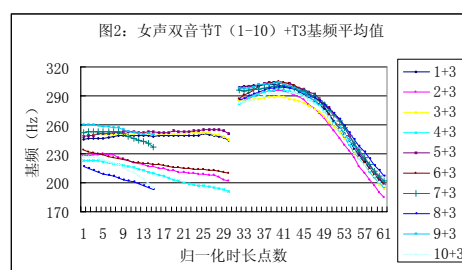
3.3 双音节连字调中的降阶效应

最近 20 多年来,汉语方言的连读变调现象成为了自主音段音系学关注的热点,连字调是连接字调和语调的过渡部分,它是对字调进行的音高调节,也是语调的基本组成单元,因此对连字调的研究十分重要的。对字调进行音高调节的办法有很多种,降阶效应就是其中的一种,它是在研究非洲一些声调语言的时候被人们发现的^④,指的是在形如“H-L-H”的声调特征序列中,后一个“H”的调值会明显地低于前一个“H”的调值。降阶效应是一种很普遍的音高调节手段,在英语、汉语、日语中都发挥着作用^⑤。

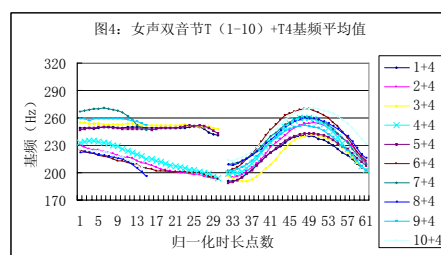
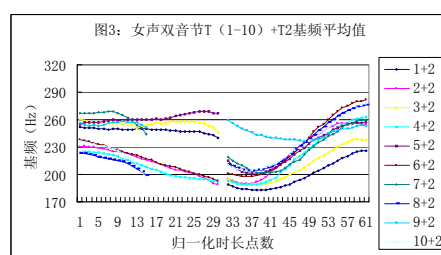
我们在 3.2 对诗洞标话双音节连字调进行音系分析时,采用的是 H、M、L 三级音高对立的描写方式,我们总结出的 13 种双音节音高特征序列模式中并不存在形如“H-L-H”的声调特征序列,但是我们找到了“MLM”和“MLML”这两种特征序列。仔细观察它们的出现环境,我们发现它们的前字都是阴声调,后字都是阳声调。前面我们提到过,如果采用阴阳调域的观点,可以

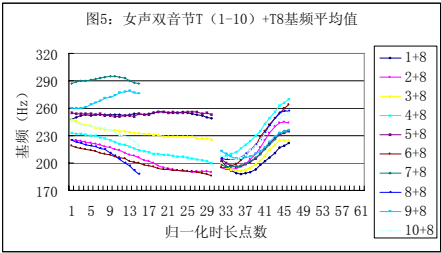
把诗洞标话的双音节变调规律总结为一句话:前字变成该字原调域中的低平调。如果用阴阳域和 H、L 两级音高对立的办法来表示三级音高对立,那么“M”这个音高特征就可以用阴调域中的“L”调和阳调域中的“H”调来表示,也就是说“阴 L”=“阳 H”。因此在连调式中的前一个“M”虽然是阴调域中的“L”,但它可以转写成阳调域的“H”。而后字原来都是阳调域的,连读时后字也不会变调,整个连调式的音高特征序列都不会超过阳调域的范围。因此我们可以把“MLM”和“MLML”转写成“阳 HLH”和“阳 HLHL”。如果诗洞标话也存在降阶效应,那么它就只能出现在这两种声调序列中。而我们的实验是支持这种假设的。

由于诗洞标话双音节连读时后字是不变调的,因此我们把后字调类相同的基频曲线画在一张图里时,各条基频曲线是基本重合的,以女声后字是 3 调的双音节为例:



但是,当音高特征序列为“MLM”和“MLML”时(也就是后字为 2、4、8 调时),后字的基频曲线却没有重合的那么紧密:





从图中我们可以清楚地看到，当前字是1、3、5、7、9调时，后字基频的最高值都比前字是2、4、6、8、10的要低一些（不考虑9+2、9+8等不合变调规律的连调式），而且都远远低于前字最高处的基频值。我们把前后两字最高点的基频值列一个表，这种差异就更加一目了然了：

表9 前后音节基频最高值对比(单位: Hz)

	前	后
1+2	251	226
3+2	261	239
5+2	269	258
7+2	269	260
1+4	250	240
3+4	255	243
5+4	252	243
7+4	271	261
9+4	259	252
1+8	256	206
3+8	248	225
5+8	256	235
7+8	295	236

根据图3-图5和表9，我们可以认为，诗洞标话的双音节连字调中确实存在着降阶现象。而这种现象不但能够统一地解释基频曲线的差异，而且还能为自主音段音系学的声调表征理论提供旁证。回顾我们刚才的步骤，要想看出这种降阶效应，首先要把声调分解成若干音高特征，然后要找出这些音高特征排列的线性次序，这就和自主音段音系学的基本理论吻合。在这过程中，我们还运用了阴阳调域的概念，对音高特征进行了转写。发生降阶的声调特征序列跨越了音节

的界限，这说明声调层和音段层确实有互相独立的地方，声调层有其自主性，不能认为声调特征一定是依附于音质音段的。

4 结论

本文在对诗洞标话单音节声调和双音节连字调进行较为全面、精确的声学分析的基础上，运用自主音段音系学的理论对实验结果进行了研究。我们认为诗洞标话单音节的5度值可以归纳如下：1调：44；2调：13；3调：52；4调：232；5调：34；6调：22；7调：55；8调：24；9调：35；10调：22。运用“H、M、L”标调法对单音节声调进行描写后，我们发现诗洞标话的舒声调和促声调形成整齐的系统分布，7调配1调，8调配2调，9调配5调，10调配6调，如下表所示：

调类	调值	H、M、L”标调法
1	44	H
2	13	LM
3	52	HL
4	132	LML
5	34	MH
6	22	L
7	55	H
8	13	LM
9	35	MH
10	22	L

值得注意的是，在《标话研究》中，梁敏、张均如认为8调是和4调相配的，但是根据我们的实验结果，从语音学和音系学的角度来看，8调和2调更相配。从来源上说，7调和8调是由同一个声调D调分化而来的，那么它们和同由A调分化来的1调、2调相配的可能性比由不同声调分化出来的1调、4调相配的可能性要大，所以，认为8调和2调相配可以使声调系统更加整齐。

通过实验，我们发现诗洞标话存在着普遍的连读变调现象，变调的规律性也非常强，除了少数例外，诗洞标话双音节变调的基本规律可以总结如下：

1. 前字变调，后字不变调；
2. 前字本调是阴调的，连读时变为中平调，前字本调是阳调的，连读时变为低降调。

如果用阴阳调域的办法来描写,变调规律会变得更加简明,只需一条规则就可说明,那就是:前字变成该字原调域中的低调。

李小凡(2004)把连读变调分为两种情况:第一种是纯粹语音层面的变调,也就是说在语流中,为了发音便利,相邻的音节之间相互影响而形成的变调,语音变调可以分为简化、异化和中和三种类型^③。第二种变调是音义变调,和语法、语义有关,也就是说这是一种跨越了语音和语法两个层面的变调,它的作用不在于调节发音,而在于充当构词或语法标记的手段。共时语音层面的变调常常以历时的来源为条件,也就是说,来源一样的单音节声调在进入连调式时常常会发生同样的变化。根据我们的研究,诗洞标话的连读变调显然和历史来源有关(当然具体的关系怎样还有待于语音学家和历史语言学家的进一步解释),而且我们没有发现连读变调有充当语法标记的功能,它应该属于语音变调中的中和型变调,因为双音节连读后,声调的辨义功能可以分给音段来承担,也就是说声调在辨义方面的负担量减轻了,因此,像诗洞标话这样单音节声调非常多的语言,虽然理论上双音节连字调可以有100种调型,但是在实际上人们并不需要使用那么多连调式就可以满足交际的需要,因此连读时就会发生调类的中和,也就是说几个不同的单音节调类进入连读后,形成同样的连调式。

在声学研究的基础上,我们运用自主音段音系学的方法对诗洞标话的双音节连调式进行了归纳和分析,得到了13种双音节声调特征序列:MH、MLM、MHL、MLML、MH、ML、LH、LM、LHL、LML、LMH、L、MHLM,同时我们根据实验数据,证明诗洞标话双音节连调式中存在降阶效应,而降阶效应不但能够对实验中发现的基频数据的差异给出一个统一简明的解释,而且也能给自主音段音系学声调表征方式的合理性提出证明。

^③音系简介均采用梁敏、张均如(2002)的说法。

^④公式中的 a 和 b 分别代表整个调域基频数值的上限和下限, x 代表要求的数据点的基频值。基频值换算成5度值时,是把起点、中点(或曲折调的拐点)和终点的数值分别代入 x 进行计算。

^⑤ 引自王洪君(1999),《汉语非线性音系学》234页,北京大学出版社1999年版。

^⑥ 王洪君(2005),《生成音系学》课堂笔记,未刊。

^⑦ 参见熊子瑜(2005),单念条件下作用于普通话两字组上的音高降阶效应,《第八届全国人机语音通讯学术会议论文集》。

^⑧ 简化型连读变调指的是为使发音省力而简化连调式的调型,主要是减少连调式调型的曲折,比如曲折调在语流中就很容易变成非曲折调。异化型变调是指为了使字组内部相邻音节调型有所区别而发生异化。中和型变调是指为了减少连调式总数从而构建较为简化的连调系统而发生调类中和。

参考文献

- 封开县地方志编纂委员会(1998),《封开县志》,广东人民出版社,广州。
- 怀集县地方志编纂委员会(1993),《怀集县志》,广东人民出版社,佛山。
- 李小凡(2004),汉语方言连读变调的层级和类型,《方言》第1期,16—33页,中国社会科学出版社,北京。
- 梁敏、张均如(2002),《标话研究》,中央民族大学出版社,北京。
- 马秋武(1999),生成音系学的声调表征理论,《外语教学与研究》,1999年第3期,15—21页,外语教学与研究出版社,北京。
- 王洪君(1999),《汉语非线性音系学》,北京大学出版社,北京。
- 熊子瑜(2005),单念条件下作用于普通话两字组上的音高降阶效应,《第八届全国人机语音通讯学术会议论文集》,北京,289-292页。
- Goldsmith, J (1976), Autosegmental phonology .Ph.D.dissertation , MIT, Cambridge .
- Yip, M (1980), The Tonal Phonology of Chinese . Ph.D.dissertation , MIT, Cambridge.
- (谭晶晶 孔江平 北京大学中文系 100871)

安顺仡佬语声调的实验研究*

A Phonetic Study on Tones in Gelao Language

杨若晓 孔江平

Abstract The Gelao language belongs to the Ge-Yang branch of the Dong-Tai language group of the Chinese-Tibetan language family. Although the problem about what family Gelao language belongs to is still being discussed, this study is based on the perspective of the first standpoint. This study concerns the single syllable tone and disyllable sandhi in Anshun Gelao language through the acoustic analysis. The acoustic results show that there are four different single syllable tones in this language, which can be described as T1: 24, T2: 31, T3: 43 and T4: 55. Moreover, there is no disyllable sandhi found in this experiment. As a result, the number of disyllable tone models of Anshun Gelao language can be summed up to 16.

1 引言

1.1 仡佬语简介

仡佬族是我国西南地区的古老民族，仡佬语是他们使用的语言。仡佬语属于汉藏语系壮侗语族（或称侗台语族）仡央语支。¹根据语音和词汇的差异，以及语法的异同情况，仡佬语可以分为稿方言、阿欧方言、哈给方言和多罗方言。其中稿方言主要分布在贵州省安顺县湾子寨等地区²，在四大方言中使用人口最多，本文讨论的材料就是在贵州省安顺市西秀区东关办事处湾子村实地

录音获得的。

安顺仡佬语有声母 36 个，其中单辅音声母 26 个，复辅音声母 10 个；韵母 31 个，其中单元音韵母 7 个，复合元音韵母 15 个，带辅音韵尾的韵母 9 个，能做韵尾的辅音为 m、n 和 ŋ。安顺仡佬语的音节结构主要有 V、VV、CV、CVV、CVVV、CVC、CVVC、CCV、CCVV、CCVC、CCCV、CCCVV 等形式。³安顺仡佬语一共有六个声调，都为舒声调。⁴

1.2 研究简介

关于安顺仡佬语声调的研究主要集中在以下一些论著中。

关于单音节声调，贺嘉善（1983）记录安顺仡佬语共有六个声调，调值分别为 13、31、24、33、44、55，其中 33 调有些降，近似 43。周国炎（2004）认为安顺仡佬语一共有 5 个声调。具体的描写见下表⁵：

表格 1-1 《仡佬语母语生态研究》中
安顺仡佬语单音节词声调调值和例词

序号	调型	调值	例词
1.	低升	13	taŋ ¹³ 煮
2.	高升	35	tɕin ³⁵ 铁
3.	高降	42	zuŋ ⁴² 塔
4.	中降	31	tɕa ³¹ 坐
5.	中平	33	qə ³³ 房子

关于双音节词声调，张济民（1993）指出安顺仡佬语变调有后一个音节要求前一个音节变调的情况。具体的变调规则是：“一

*本文研究得到中国社会科学院重大项目“汉藏语声调的声学研究（侗台语卷）”的资助。

¹ 参见周国炎，2004 年，《仡佬族母语生态研究》，221 页。关于仡佬语的系属问题，现在学术界还存在争论，这并非本文论述范围，所以本文不详细讨论该问题，暂采取《仡佬族母语生态研究》一书的说法。

² 该说法参见《仡佬语简志》61 页，现在地区行政级别已经发生了变化。下文所说的湾子村和湾子寨为同一地区。

³ C指辅音，V指元音。

⁴ 参见贺嘉善，1983 年，《仡佬语简志》，民族出版社。

⁵ 周国炎，2004 年，《仡佬族母语生态研究》，民族出版社，221 页

种是高平调接次高平调时,前一个音节变为高降调;一种是中平调后面接高平调时,前一个音节变为中降调。”作者举了以下一些例子:

菜汤(用“盐”和“水”两个词组合起来进行表达) u55(水)+ntɕu44(盐)——u53ntɕu44

一件蓑衣(sɿ33)(一) la55(件)+sa44(蓑衣)——(sɿ33) la53sa44

甜酒 pa33(酒)+tin55(甜)——pa43tin55

作者同时指出:“上面例子中 u55 和 pa33 是修饰关系中的中心词,因为修饰成分要求它们变调。如果改变它们的位置,使它们作宾语或修饰成分,则它们的原词都无变化。”他给出了以下两例:

舀水 tɛ44(舀)+u55(水)——tɛ44 u55

酒药 sen33(药)+pa33(酒)——sen33 pa33⁶

不过对于这种变调的范围,以及变调是否和单音节在双音节中的位置有关,作者并未指明。

周国炎(2004)的研究中也指出安顺仡佬语存在连词变调现象。他说:“连词变调的第二种类型是后一个音节要求前一个音节变调。例如在安顺仡佬语中,当高平调之后出现次高平调时,第一个音节要变为高降调;当中平调后出现高平调时,第一个音节要变成中降调。”但是这里作者并没有说明高平和中平的具体含义是什么。

从上文各家对安顺仡佬语声调的研究来看,在单音节词声调方面存在着明显差异。这种差异是由什么造成的呢?是由于年代不同而语言发生了变化吗?抑或是由于田野调查中的记音人和发音人的主观因素使然?如果从实验的角度来看,哪种听辨记录更加接近声调的物理特征?这些都需要更多的研究进行确认。而在双音节词声调

方面,除了以上著作中的简单叙述外,基于大规模语料的系统调查和实验研究都还很少,因而关于安顺仡佬语的变调规律也有待揭示。

实验语音学可以为声调研究提供更为实证和客观的考察手段,所以本文将通过声学分析的方法对安顺仡佬语单音节词声调和双音节词声调进行研究。

2 实验材料和发音人

由于目前对仡佬语声调的调类问题还处于研究中,没有统一的说法,所以本文为了方便后文的讨论和说明,根据其声调调值的起点高低暂将声调进行排序标号,即以《仡佬语简志》为基准,规定 13 调为 1 调、24 调为 2 调、31 调为 3 调、33 调为 4 调、44 调为 5 调、55 调为 6 调。⁷

本次实验也根据以上声调的排序选词,主要依据是《仡佬语简志》。单音节部分的例词按照 6 个调选词,每调选词三个。双音节部分的例词按照 6 个调的组合选词,可以得到 36 种组合,实验中每种组合尽量保证选词 3 个。

本文所讨论的材料通过录制贵州省安顺市西秀区东关办事处湾子村四位发音人的发音获得,四位发音人包括两男两女。

3 实验方法

3.1 获取基频(F0)的方法

本次实验的录音软件为 Cooledit2.0。录音时采取双声道录制,左声道录制声音信号,右声道录制声门阻抗信号(EGG 信号),采样频率为 22050Hz。

声学分析软件为北京大学中文系语言学实验室编写的程序。⁸具体方法是,首先将采样频率降至 11025Hz,之后标记声调段、通过自相关方法提取声调周期标记和对语音样本进行平均。平均样本由四位发音人的发音构成,主要涉及到样本时长的归一化

⁶ 参见张济民,1993年,《仡佬语研究》,贵州民族出版社,17-18页

⁷ 需要注意的是这里的序号标写不是调类。

⁸ 程序由孔江平和吴西愉编写。

（时长归一化后一共有 30 个数据点）和不同发音人的基频平均，最后得到声调的基频平均数值、时长数值和拟合数值。

3.2 五度值的换算方法

通过以上方法获得的声调基频参数代表的是声调的声学特征，从理论上它们还不具备语言学研究的意义，因而为了方便和田野调查的五度值记调结果进行比较，本文对所有单音节词声调和双音节词声调组合的基频数值进行了T值换算。T值法⁹的运算公式如下：

$$T = (lgx - lgb) / (lga - lgb) \times 5$$

其中，a 为调域上限频率，b 为调域下限频率，x 为测量点频率。在本文中，单音节部分 a、b 分别取四人平均后的 6 个声调基频数据点中的最大值和最小值，双音节部分则分别取平均后所有声调组合中基频数据的最大值和最小值。在需要计算的数据点选取上，本文对 T 值法进行了一个引申，即对时长归一化后所有 30 个数据点的基频值进行换算，这是为了能够更加准确地反映出声调的调型特征。

4 实验结果分析

4.1 单音节词声调

图 4-1 是安顺仡佬语六个声调的基频平均曲线。从图上看，1 调的基频曲线呈上升趋势，是一个升调。2 调的基频曲线也呈上升趋势，在调域中的位置稍低于 1 调，两条曲线的整体走势十分相似。3 调的基频曲线呈下降趋势，曲线前部平缓下降，后部降幅加剧。4、5、6 调基频曲线都呈平调特征，只有 4 调曲线的尾部呈现出一些下降趋势。就三条曲线在调域中的分布来说，6 调最高，5 调次之，4 调最低。

在获得声调基频参数的基础上，下面利用 T 值法对其进行换算，得到用五度值标写

的音高值，并将这些结果和以往田野调查的记音结果进行比较。根据 T 值法换算的结果可以画出如图 4-2 所示的安仡单音节词声调的音高曲线。可以看到，1 调和 2 调在调型上十分相似，只是在高度上存在一些差异，但是这些差异都在 1 度以内。其次，5 调和 6 调的曲线也处于一度中，5 调的位置略高于 6 调。如果按照宽式的声调标写方法，我们可以将 1 和 2 调、5 和 6 调分别归为一调。本文就采取这种方法将单音节声调归纳为 4 个，具体调值如表格 4-1 所示。

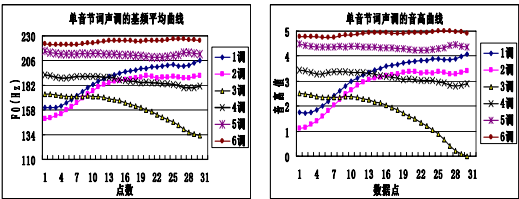


图 4-1 单音节词声调的基频平均曲线 图 4-2 单音节词声调的音高曲线

表格 4-1 单音节词声调五度值标写

序号	1	2	3	4
选词分类	1、2 调	3 调	4 调	5、6 调
五度值	24	31	43	55

通过这些分析可以看出，本次实验的安顺仡佬语单音节词声调和以前研究中对其的描写并不一致。这种差异反映了什么？从以前的记音来看，不管是贺嘉善（1983）描写的两个升调、一个降调、三个平调的单音节词声调系统，还是周国炎（2004）记录的两个升调、两个降调、一个平调的声调系统，都显示出该语言单音节词声调中有较多在绝对调型上相似的声调，这样声调之间区分的难度会有所增加，声调之间相混的可能性也会加大，这种相似性也可能影响到了调查者对其声调的记录，使得他们的记录存在看似较大的差异。实验结果为仡佬语单音节词声调提供了客观数据，显示有的声调的确具有相似的声学属性，这意味着声调之间区分的困难和记音的差异是存在基本声学依据的。而且，从未归并前的图 4-2 中的音高曲

⁹ T值详细算法参见石锋，1986，《天津方言双字组声调分析》，《语言研究》，第 1 辑

线来看,本次实验的仡佬语单音节词声调系统和贺嘉善的记录相似,即有三个偏平的调、两个上升的调和一个降调。

4.2 双音节词声调

基于以上对安顺仡佬语单音节词声调的分析,下面分别比较每个声调位于前音节和后音节位置的声学表现,对其双音节词声调的调位模式进行初步的探讨。

4.2.1 1、2 调的变化情况

从图 4-3、4-5 来看, 1、2 调位于前音节时声调基频曲线保持着升调的特征,其中 1 调的曲线前部上升比较平缓,曲线总体的上升幅度没有 2 调的曲线高。

图 4-4、4-6 中,位于后音节位置的 1、2 调曲线上升幅度比较平缓。在“1+1”和“6+1”组合中的后音节 1 调曲线甚至偏平,和其他组合相比上升幅度更不明显。

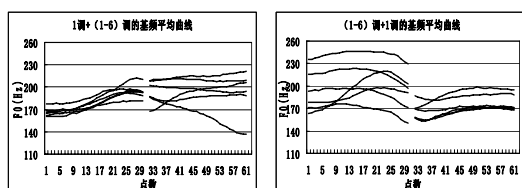


图 4-1 1 调+(1-6) 调基频平均曲线

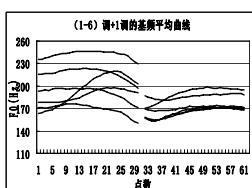


图 4-2 (1-6) 调+1 调基频平均曲线

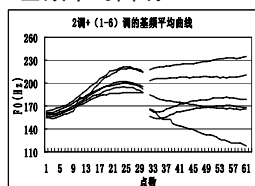


图 4-5 2 调+(1-6) 调基频平均曲线

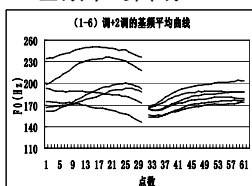


图 4-6 (1-6) 调+2 调基频平均曲线

4.2.2 3 调在双音节词中的变化情况

图 4-7 和 4-8 中, 3 调在前音节位置时降幅比位于后音节时平缓,同时前音节曲线尾部的下降程度也没有位于后音节时大。

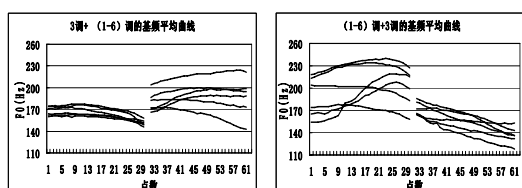


图 4-7 3 调+(1-6) 调基频平均曲线

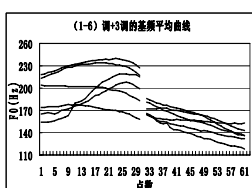


图 4-8 (1-6) 调+3 调基频平均曲线

4.2.3 4 调在双音节词中的变化情况

图 4-9 和 4-10 显示 4 调位于前后音节时都呈现出下降的特征。不同的是, 4 调位于前一音节时,曲线前部下降不明显,下降特征主要集中在曲线末尾;位于后音节的 4 调曲线下降幅度不大,但曲线都处于下降中。

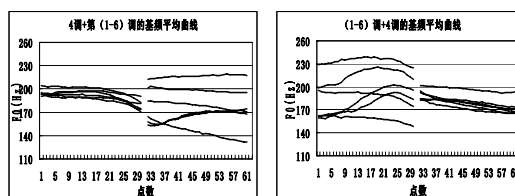


图 4-9 4 调+(1-6) 调基频平均曲线

4.2.4 5、6 调在双音节词中的变化情况

图 4-11 和 4-13 中, 5 调和 6 调位于前音节时都带有凸度, 6 调曲线的位置整体高于 5 调曲线的位置。而在图 4-12 和 4-14 中,位于后音节时,5 调曲线整体呈平调的特征, 6 调曲线则有一定的上升幅度,同时 6 调曲线的位置仍然略高于 5 调曲线。

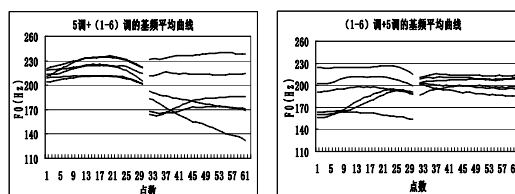


图 4-3 5 调+(1-6) 调基频平均曲线

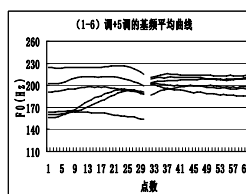


图 4-4 (1-6) 调+5 调基频平均曲线

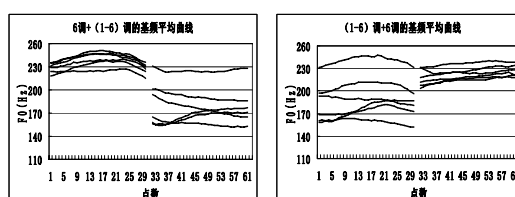


图 4-6 6 调+(1-6) 调基频平均曲线

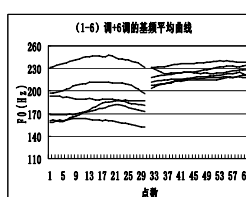


图 4-5 (1-6) 调+6 调基频平均曲线

4.2.5 双音节词声调的调位模式

在声学分析的基础上,本文通过以下的方法来归纳仡佬语双音节词声调的调位模式:首先,由于声学分析中没有发现比较明显的变调现象,所以分别将每一声调位于前

后音节时的基频数据进行平均；其次，利用 T 值法换算以上基频值和归纳出五度值。于是下面可以画出位于前后音节的六个声调的音高曲线，见图 4-15 和 4-16。

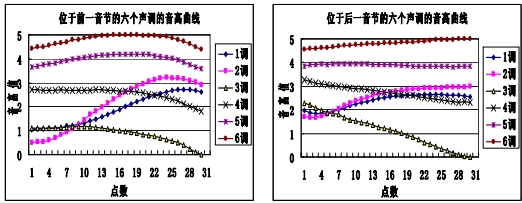


图 4-7 位于前音节的六个声调音高曲线 图 4-8 位于后音节的六个声调音高曲线

通过以上分析并综合考虑安顺仡佬语声调系统的情况，本文认为本次实验的仡佬语声调在双音节词中不发生变调，也就是说本次实验的双音节词声调并未出现以前研究中提到的连词变调现象。基于此可以归纳出仡佬语双音节词声调调位模式 16 种，以下给出它们的调值和每一组合的出现环境，见表格 4-2。

表格 4-2 双音节词声调调位模式和出现条件

序号	调位模式(五度值标写)	出现条件(据选词时所规定的声调分类标写)
1.	24+24	1+1, 1+2, 2+1, 2+2
2.	24+31	1+3, 2+3
3.	24+43	1+4, 2+4
4.	24+55	1+5, 1+6, 2+5, 2+6
5.	31+24	3+1, 3+2
6.	31+31	3+3
7.	31+43	3+4
8.	31+55	3+5, 3+6
9.	43+24	4+1, 4+2
10.	43+31	4+3
11.	43+43	4+4
12.	43+55	4+5, 4+6
13.	55+24	5+1, 5+2, 6+1, 6+2
14.	55+31	5+3, 6+3
15.	55+43	5+4, 6+4
16.	55+55	5+5, 5+6, 6+5, 6+6

5 结论

本文通过实验语音学的方法研究安顺仡佬语的单音节词声调和双音节词声调的情况。

经声学分析和归纳整理，本次实验所用安顺仡佬语材料的单音节词声调可以归纳为 4 个，用五度值可标写为：24，包括选词中的 1、2 两调；31，包括选词中的 3 调；43，包括选词中的 4 调；55，包括选词中的 5、6 两调。

按选词时分类的 6 个声调在双音节词中不发生变调，因而基于对单音节词声调的归纳和对整个声调系统的考虑，本文将安顺仡佬语双音节词调位模式归纳为 16 种。

参考书目

贺嘉善，1983，《仡佬语简志》，民族出版社
李锦芳、周国炎，1999，《仡央语言探索》，中央民族大学出版社
石锋，1986，《天津方言双字组声调分析》，《语言研究》，第 1 辑
石锋，1987，《天津方言单字音声调分析》，《语言研究论丛》，第 4 辑
石锋，1990，《论五度值记调法》，《天津师大学报》，第 3 期
吴宗济、林茂灿主编，1989，《实验语音学概要》，高等教育出版社
张济民，1993，《仡佬语研究》，贵州民族出版社
周国炎，2004，《仡佬族母语生态研究》，民族出版社

（杨若晓 孔江平 中国语言文学系语言学实验室 100871）

德宏傣语声调的实验研究*

A Phonetic Study on Tones in Dai Language

杨若晓

Abstract The Dai language belongs to the Zhuang-Dai branch of the Dong-Tai language group of the Chinese-Tibetan language family. This study is focused on the Dehong (in Yunnan Province of China) Dai language tones, including the signal syllable tone and the disyllable sandhi. In the previous language investigation, there were nine signal syllable tones in Dehong Dai language, which were described as Tone 1: 35, Tone 2: 55, Tone 3: 31, Tone 4: 53, Tone 5: 11, Tone 6: 33, Tone 7: 35, Tone 8: 53 and Tone 9: 11. Tone 7, Tone 8 and Tone 9 are in stop-final syllables. This study aims at learning the quality of Dehong Dai language signal syllable tones and sandhi through the acoustic analysis. The acoustic results show that there are nine signal syllable tones in this language and can be described as Tone 1: 24, Tone 2: 352, Tone 3: 51, Tone 4: 54, Tone 5: 31, Tone 6: 33, Tone 7: 33, Tone 8: 54 and Tone 9: 31. Moreover, we also find disyllable sandhi in this study. Concretely, Tone 1 become a level tone in the anterior syllable and can be described as 33; Tone 2 become a rising tone in the anterior syllable and can be described as 24; Tone 4 become a level tone in the anterior syllable and can be described as 55; Tone 8 only varies in four disyllables—8+5, 1+8, 5+8 and 8+6, and in the first three disyllables it become a rising tone and in the last one it become a falling tone.

内容摘要 本文用实验语音学的方法研究德宏傣语单音节词声调和双音节词声调的规律。经过声学分析,得到德宏傣语 9 个单音节词声调的五度值为: 1 调: 24; 2 调: 352; 3 调: 51; 4 调: 54; 5 调: 31; 6 调: 33; 7 调: 33; 8 调: 54; 9 调: 31。在此基础上,得到 30 种双音节词声调调位模式,其特点是:(1) 1 调在前字位置变为平调,记为 33;(2) 2 调在前字位置时变为升调,记为 24;(3) 4 调在双音节中尾部下降更不明显,本文将其处理为平调,记为 55;(3) 3

调在双音节中尾部下降相比单音节时减少,但不发生变调,记为 51。

1 引言

1.1 德宏傣语简介

傣语属汉藏语系侗台语族壮傣语支有声调语言。傣语德宏方言(也称“德宏傣语”,以下简称“德傣”)主要分布在德宏傣族景颇族自治州和德宏州以外的耿马、双江、沧源、镇康、景谷、景东等县。德宏方言以德宏州芒市语音为代表。

德傣一共有 16 个声母,都为单辅音声母。一共 84 个韵母,其中单元音韵母 9 个,复合元音韵母 15 个,带辅音韵尾的韵母 60 个。德傣中有 9 个基本元音,都能做单韵母,都是长音,其中 a 带韵尾时分长短,其他元音带韵尾时都是长的,因而不构成音位的对立,所以傣语中有十个元音音位。在德傣中可以用作韵尾的音位有高元音 i、u、ɯ,鼻辅音 m、n、ŋ 和塞辅音 p、t、k。1 德傣的音节结构主要有 V、VV、VC、CV、CVV、CVC 等六种形式。

1.2 以前研究简介

以前对德傣声调的研究主要集中于以听辨为方法的田野调查基础上,这主要反映在两部著作中,一是喻翠荣、罗美珍所著《傣语简志》(1980),一是罗美珍、周耀文所著《傣语方言研究》(2001)。二者在音系描写中都指出德傣一共有六个舒声调(1-6 调),三个促声调(7-9 调);六个舒声调跟汉语平声、上声、去声相合,促声调跟汉语入声(分阴阳)相当,调值与舒声调里已出现的某些调值相近或相同,可以分别归入第 1、4、5 三个调。对德傣声调的实验研究初见於蔡荣男 2004 年的博士论文《傣语的声调格局和元音格局》,其中他对德傣单音节词声调进行了实验分析。下表引自他的博士论文,其中给出了以往田野调查和实验研究中归纳的德傣单音节词声调的调值

* 本文研究得到中国社会科学院重大项目“汉藏语声调的声学研究所(侗台语卷)”的资助。

¹ 以上对德宏傣语音系的归纳,根据《傣语简志》(喻翠荣、罗美珍,1980) 11-13 页。

情况。见表格 1-1:

表格 1-1 德宏傣语声调五度值对比表（蔡荣男，2004）

调值	田野调查 记音 结果 1	田野调查 记音 结果 2	蔡荣男实验结果	
调类	喻翠容、 罗美珍	周耀文、 方峰和	老派	新派
1	35	35	24	24
2	55	55	43	453
3	31	42	41	42
4	53	54	53	54
5	11	11	11	21
6	33	33	33	33
7	<u>35</u>	<u>35</u>	<u>24</u>	<u>24</u>
8	<u>53</u>	<u>54</u>	<u>53</u>	<u>54</u>
9	<u>11</u>	<u>11</u>	<u>11</u>	<u>21</u>

通过上文的表格可以看出，田野调查和实验研究的结果基本一致，在调类上没有差异，差异主要存在于调值中，比较明显的是实验研究中发现新派 2 调发生了变化，5、9 两调也有一些变化。其余调类的调值差异在一度之间，声调调型也没有发生根本改变，这些差异主要是由于调查者和发音人的不同造成，是正常的。本文对德傣单音节词声调的研究也将和这些研究进行比较。

而关于德傣双音节词声调的研究，以往鲜有涉及。只有《傣语方言研究》中提到：“一般来说，傣语很少有连读变音现象。”¹

1.3 本文的研究目的和意义

以往对德傣声调的研究不管从田野调查还是实验研究，都主要集中于单音节词声调上，而对双音节词声调研究很少。但是，双音节词声调是连接单音节词声调和语调的枢纽，因而它的研究在声调研究中是十分重要的。傣语等侗台语族中双音节词声调研究较少，可能和语言本身的特点和复杂性有关——声调多，而且所处语言环境复杂，语言之间的相互影响十分普遍，因而存在许多不确定因素，这就使得传统的听辨方法在客观把握这些语言双音节词声调的规律上存在一定的难度。而实验语音学的科学性和特殊方法为我们研究这些语

言的声调提供了契机，所以本文试图通过实验语音学的方法对处于共时状态下的德宏傣语单音节词声调进行再分析，在此基础上对其双音节词声调的变调模式进行考察。

2 实验材料和发音人

本次实验中按照调类选词，在选择例词时注意选用塞音声母音节例词，以方便后期提取数据时能够比较准确地切分声母部分和韵母部分，同时注意剔除借词，以保证声调声学数据的准确性。单音节部分的例词按照 9 个调类选词，每调选词三个。双音节部分的例词按照 9 个调类组合选词，原则上应该得到 81 种不同组合，但是由于“7 调+7 调”没有找到合适的例词，所以实际只有 80 种双音节声调组合。实验中所采用的双音节发音词表即根据这些不同的组合选词，选词中每种组合尽量保证选词 3 个。

本文所讨论的材料根据四位发音人的发音获得。四位发音人的基本情况如下：

男声 1：希光明，男，18 岁，傣族，云南德宏潞西市芒市镇城内；

男声 2：刘保林，男，19 岁，傣族，云南德宏潞西市遮放镇；

女声 1：思小团，女，20 岁，傣族，云南德宏盈江县平原镇；

女声 2：杨小新，女，18 岁，傣族，云南德宏潞西市芒市镇城郊。

3 实验方法

3.1 获取基频（F0）的方法

本次实验的录音在北京大学中文系的录音室进行，录音所使用的软件为 Cooledit2.0。录音时采取双声道录制，左声道录制声音信号，右声道录制声门阻抗信号（EGG 信号），采样频率为 22050Hz。

获取声音文件之后，首先利用北京大学中文系语言学实验室编写的程序将采样频率降至 11025Hz，然后利用该程序标记声调段。在具体标记过程中主要涉及两种方法，一种在标记男声 1 和女声 1 时使用，这种方法主要经过以下步骤：首先根据语图和波形情况选取声调段，之后通过自相关的方法提取声调周期标记，再采用逆滤波提取嗓音，最后检测嗓音微分形式的不连续点调整声调周期标记；另一种方法是在男声 2 和女声 2 中直接采用自相关方

¹ 罗美珍、周耀文，2001，《傣语方言研究》，民族出版社，17 页

法获取所选取声调段的周期标记。

打好标记的语音文件再输入到北京大学中文系语言学实验室自编程序 Matlab 语图仪中进行去除声调中弯头降尾的处理和语音样本的平均。平均由四位发音人的样本获得, 主要涉及到样本时长的归一化和不同发音人的基频平均, 最后得到声调基频的平均数值、时长数值和拟合数值。

3.2 五度值的换算方法

通过以上方法获得的声调基频参数代表的是声调的声学特征, 从理论上它们还不具备语言学研究的意义, 因而为了方便和以前田野调查的五度值记调结果进行比较, 本文对所有单音节词声调和双音节词声调组合的基频数值进行了T值换算。T值法¹的运算公式如下:

$$T = (\lg x - \lg b) / (\lg a - \lg b) \times 5$$

其中, a 为调域上限频率, b 为调域下限频率, x 为测量点频率。在本文中, 单音节部分 a、b 分别取男声和女声 9 个声调基频数据点中的最大值和最小值, 双音节部分则分别取男声和女声所有声调组合中基频平均值的最大值和最小值。在进行计算的数据点选取上, 本文选取根据上文所述方法获得的声调基频平均值中起点处基频数值(时长归一化后的第 1 个数据点)、中点处基频数值(时长归一化后的舒声调选第 15 个数据点, 促声调选第 7 个数据点)和终点处基频值(时长归一化后的舒声调选第 30 个数据点, 促声调选第 15 个数据点)。

4 实验结果和分析

4.1 单音节词声调的声学分析

图 4-1 和图 4-2 分别给出了德宏傣语单音节舒、促声调的基频平均曲线。

从图上来看, 1 调曲线前半部比较平缓, 然后开始上升, 在尾部又呈现出较平缓的特征, 曲线整体呈现上升趋势, 所以 1 调是一个升调。曲线基频值从起点的 146Hz 变化到终点的 186Hz。

2 调基频平均曲线曲线呈现升降调的特征。曲线从起点的 162Hz 上升到中部最高点 188Hz, 后下降到终点的 157Hz。

3 调的基频曲线呈下降趋势, 曲线从起点

的 190Hz 下降到终点的 136Hz。同时, 整条曲线带有“凸”的特征。

4 调的基频平均曲线呈下降趋势, 但是下降幅度不大。曲线前半段较平缓, 此后缓慢下降。从基频值来看, 曲线从起点的 199Hz 下降到终点的 175Hz。

5 调的基频曲线呈下降趋势, 曲线尾部较为平缓。曲线从起点的 170Hz 下降到终点的 136Hz。

6 调的基频曲线基本呈平调的特征, 只在曲线尾部有轻微的下降。曲线起点频率值为 173Hz, 终点频率值为 162Hz。

7 调的基频平均曲线呈现平调的特征, 曲线起点频率值约为 157Hz, 终点频率值也约为 157Hz。

8 调的基频平均曲线前段走势平缓, 尾部有轻微的下降。从基频值来看, 曲线起点为 199Hz, 终点为 191Hz。

9 调的基频平均曲线整体呈下降趋势, 曲线从起点的 173Hz 下降到终点的 133Hz。

以往语言学田野调查中对德宏傣语单音节词声调的记录表明, 傣语 9 个声调中 3 个促声调的调值和舒声调里已出现的某些调值相近或相同, 可以分别归入。具体来说就是 7 调和 1 调调值相同, 8 调和 4 调调值相同, 9 调和 5 调调值相同。为了验证这种说法, 图 4-3、4-4、4-5 分别给出了男声和女声这三对声调基频平均曲线的对比情况。从图上来看, 促声 7 调的基频曲线和舒声 1 调的基频曲线的前半部基本重合; 促声 8 调则和舒声调前段走势大致相同; 促声 9 调和舒声 5 调都是降调, 只是 9 调曲线尾部的下降比起 5 调曲线来更加明显一些, 这是因为 9 调作为促声调时长较短, 所以造成了曲线的下降特征比较明显。但是值得注意的是, 图 4-3 中 7 调和 1 调、6 调基频曲线的对比显示促声 7 调曲线“平”的特征和 6 调曲线的特征更为接近, 而和 1 调曲线上升的特征差异较大。

¹ T值详细算法参见石锋著《天津方言双字组声调分析》, 1986 年, 收于《语音学探微》66 页-83 页

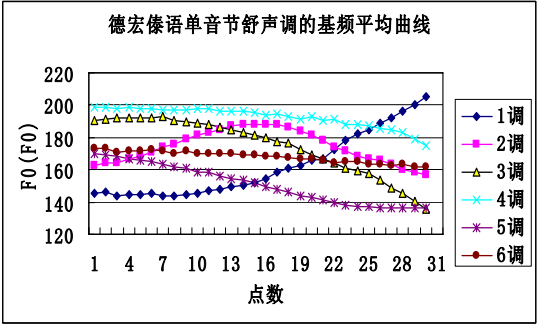


图 4-1 单音节舒声调的基频平均曲线

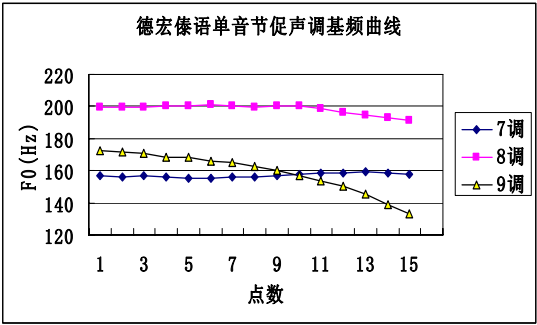


图 4-2 单音节促声调的基频平均曲线

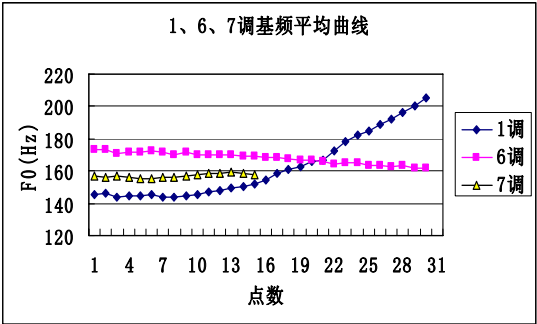


图 4-3 1、6、7 调基频平均曲线

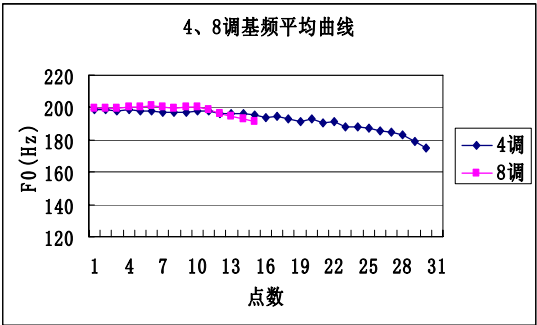


图 4-4 5、9 调基频平均曲线

以上通过实验获得的声调基频值只是声调的声学表现,理论上还不能完全反映出人听感上对于声调的听觉印象,因而也就不能直接和田野调查中的五度值记音结果直接进行比

较。本文下面利用 T 值法对所得声调基频值进行换算(T 值算法请见上文实验方法部分),得到具有可比性的音高值,并将这些结果和以往田野调查的记音进行比较。表格 4-1 给出了单音节词声调的音高值,图 4-6 和 4-7 分别给出了根据音高值绘制的音高曲线图。

表格 4-1 单音节词声调音高值

数据点\声调	1 调	2 调	3 调	4 调	5 调	6 调	7 调	8 调	9 调
1	1.12	2.42	4.34	4.86	2.99	3.19	2.04	4.91	3.18
15/7	1.64	4.2	3.78	4.66	1.62	2.94	1.94	4.97	2.61
30/15	4.08	1.99	0.28	3.35	0.31	2.37	2.05	4.387	8.61
样本数	24	24	24	24	24	24	24	24	24

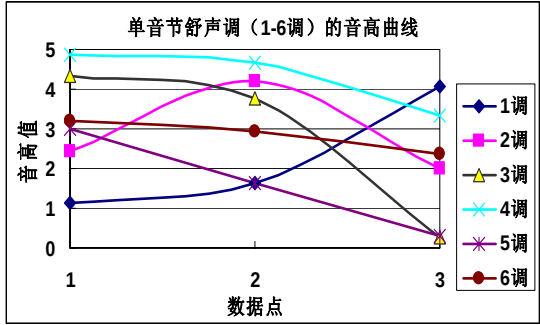


图 4-5 单音节舒声调（1-6 调）的音高曲线

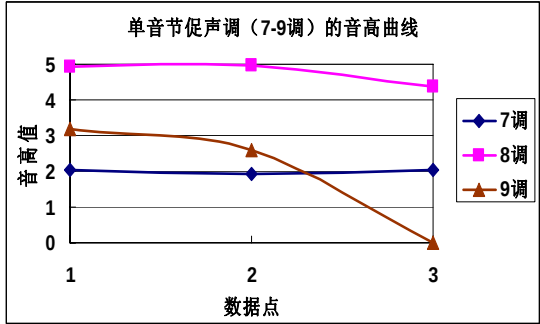


图 4-6 单音节促声调（7-9 调）的音高曲线

根据上文的换算结果,可以整理得出本次通过实验中单音节词声调的五度值如下,同时还将其和以往田野调查的结果以及蔡荣男的实验结果进行比较。见表格 4-2:

表格 4-2 本次实验中单音节词声调的五度值和

其他记音结果的对比

声调	1	2	3	4	5	6	7	8	9
本次实验	24	352	51	54	31	43	33/22	55/554	41/31
蔡实验 ¹ (老派)	24	43	41	53	11	33	24	53	11
蔡实验(新派)	24	453	42	54	21	33	24	54	21
喻、罗记音 ²	35	55	31	53	11	33	35	53	11
周、方记音 ³	35	55	42	54	11	33	35	54	11

通过以上的五度值换算,下面可以来讨论本次实验所得到的德宏傣语单音节词声调的五度值与声调特征和以往记音情况的差异。首先,和两次田野调查的记音相比,1调是升调,但是就其绝对位置而言则低于田野记音;2调和田野记音的差异最大,本次实验所得2调的声调曲线是一条升降曲线;本次实验所得的3调起点高于喻、罗记音,终点则低于周、方记音;实验所得的4调调值和周、方记音的结果一样,但是就听音来说,4调的降调已经不够明显,该调听起来更像一个平调;再来看5调,实验所得的5调和田野记音相差很大,和田野记音所得到的低平调不同,本次实验结果显示5调是一个降调,其下降的特征十分明显;6调在通过实验得出的调值上和田野记音有些差异,从音高值结果来看曲线尾部有轻微的下降,本文将其作为平调来记录;以往田野记音中将促声调7调和舒声调1调的调值记为相同,而本次实验的结果显示7调无论从基频平均曲线还是音高曲线来看,都是一个较平的调,而不像1调那样具有上升的特征,从听感上,7调的上升特征也不明显;根据8调和9调的音高曲线所归纳的二者五度值与田野记音中将其调值分别对应于4调和5调是基本吻合的。

其次,再来看本次实验所得的五度值和蔡荣男实验结果的差异情况。本次实验的结果总体而言和蔡荣男实验中的新派德宏傣语情况相似,都表现出2调变曲折、4调下降不明显、5调由低平调变为低降调的特点。就差异情况来看,二者主要表现在:变曲折的2调的绝对数值不同;本次实验中的3调和5调的下降幅

度大于蔡荣男的实验结果;本次实验所得7调表现为平调,和蔡荣男实验中7调为升调的特征不同。

综合上文的讨论,下面整理归纳出一种五度值标写方式来描写本次实验的德傣单音节词声调的调值,同时也方便后文对双音节词变调模式的归纳,见表格4-3:

表格 4-3 本次实验中德宏傣语 9 个单音节词声调的五度值

	1 调	2 调	3 调	4 调	5 调	6 调	7 调	8 调	9 调
五度值	24	352	51	54	31	33	33	54	31

4.2 双字调的声学分析

由于之前没有人做过有关傣语双音节词变调方面的实验研究,所以本文是对德傣双音节词变调模式的初步探讨。在研究方法上本文采取声学分析和音高换算相结合的方法。首先,分别将1个声调在前字和后字位置时与其他9个声调组合的基频平均曲线画在同一张图上进行观察比较;其次,利用T值法对基频值进行归一化处理,在此基础上对德傣的双音节词变调模式进行归纳。

根据以上方法,可以观察到德傣声调在双音节环境中的以下特点。下文依次说明。

4.2.1 1 调位于前、后字位置时的变调情况

图4-16和4-17显示了1调位于前字和后字位置时基频曲线的情况。

图4-8显示了1调位于前字时基频曲线的情况。和单音节词声调相比,从图中可以看到位于前字位置时的1调基频曲线呈平直趋势,只是曲线尾部由于后一音节的不同而出现不同的弯曲方向,其中“1+9”中1调曲线尾部最高,“1+2”中曲线尾部最低。总体而言,位于前字的1调基频在137Hz和187Hz之间变化。

图4-9则显示1调位于后字位置时基本保持单音节词声调时的上升趋势,曲线头部由于受到前一音节的影响而呈现出不同走向。位于后字的1调基频在140Hz和183Hz之间变化。

¹ 指蔡荣男博士论文《傣语的声调格局和元音格局》中通过实验方法计算出的五度值,下同。
² 指喻翠容和罗美珍的记音,下同。《傣语方言研究》(周耀文、罗美珍著,2001年9月第1版)中对德宏傣语单音节声调的五度值记录与此相同。
³ 指周耀文和方峰和的记音,下同。

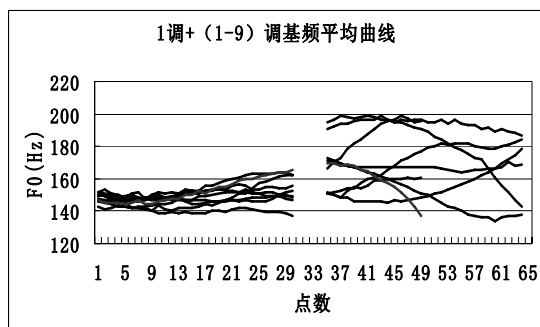


图 4-7 1 调位于前字时的基频平均曲线

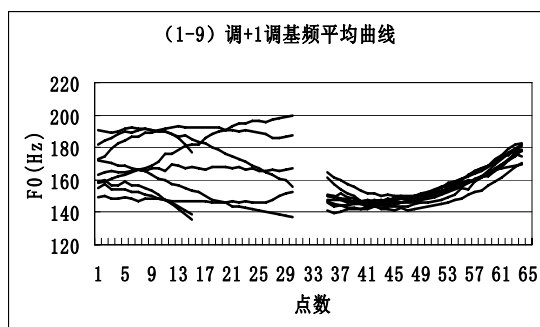
图 4-8 1 调位于后字时的基频平均曲线
2 调位于前、后字位置时的变调情况

图 4-10 和 4-11 显示了 2 调位于前字和后字位置时基频曲线的情况。

从图 4-10 来看, 和单音节词声调相比, 2 调位于前字位置时曲线呈现出上升趋势, 不再保持曲折调的特征。同时, 由于后一音节的不同, 所以位于前字的曲线尾部呈现出不同的走势。位于前字的 2 调基频主要在 152Hz 和 203Hz 之间变化。

图 4-11 中显示了 2 调位于后字位置时基频曲线基本保持单音节词声调时的升降调特征。不过, 其中“1 调+2 调”和“5 调+2 调”组合中 2 调曲线尾部下降不明显, 甚至使整条曲线保持着上升特征, 这主要是由于发音人的不同造成的。本次实验中男声 1 和女声 2 在发这两个组合时, 未将 2 调尾部的降调发得完全。笔者认为造成这种现象的原因, 大致可以归为三个, 一是发音人本人的发音特征; 二是 2 调本身处于变化之中, 其处于后字位置时出现只升不降的现象只是单音节词声调的一种自由变体, 不起到区别意义的作用; 第三个原因可能是发音人在音节末尾因为省力没有将该调发得很完全。不过, 如果要确定这种变化是否具有普遍性, 还需要对德宏芒市傣语进行

更多的调查, 本文则暂时将 2 调位于后字时的变化情况都处理为不发生变调。位于后字位置的 2 调基频主要在 149Hz 和 198Hz 之间变化。

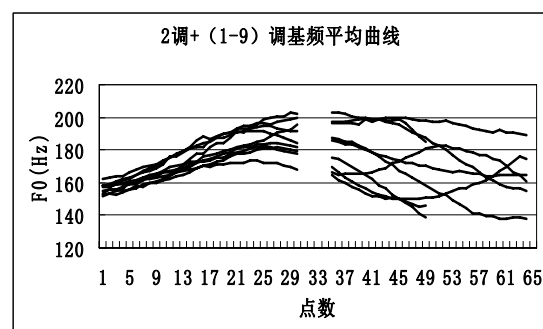


图 4-9 2 调位于前字时的基频平均曲线

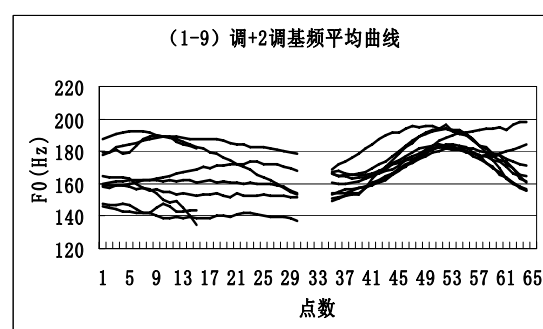


图 4-10 2 调位于后字时的基频平均曲线

4.2.2 其他双音节词声调组合的变化情况

3 调、5 调和 9 调位于前后字时都保持降调的特征, 没有发生变调。

4 调位于前后字位置时和单音节词声调相比, 声调曲线尾部下降更不明显, 曲线更加呈现出平调的特征。不过位于后一音节时, “9+4”、“3+4”、“5+4”和“6+4”组合中 4 调曲线头部随前一音节声调走向的不同而出现弯头, 其余曲线保持平调特征。见图 4-12。

6 调位于前字位置时都保持着平调的特征, 没有发生变调。但是, 位于后字位置时, 由于受组合中前一音节的影响, 6 调的一些曲线前部呈现出不同的走向。具体来说, “2+6”和“5+6”组合中 6 调曲线由于前一音节声调的不同出现了下降和上升的弯头。其余组合中位于后一音节的 6 调曲线保持着平调特征。见图 4-13。

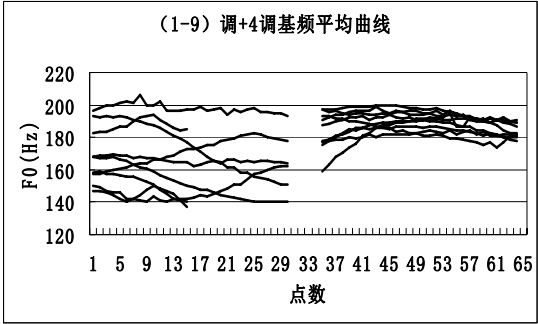


图 4-11 4 调位于后字时的基频平均曲线

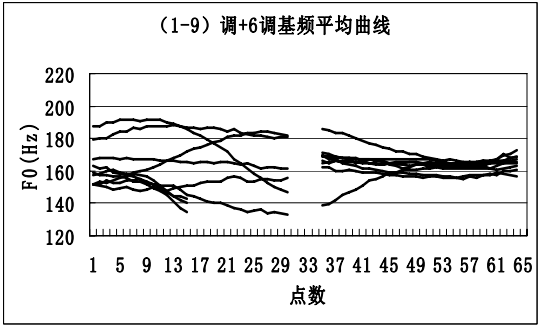


图 4-12 6 调位于后字时的基频平均曲线

7 调和 8 调位于前后字位置时分布比较分散,但是除去 4 个特例,在调型上基本保持着和单音节词声调一样的平调特征。

4.2.3 双音节词声调的变调模式

在对德傣双音节词声调进行声学分析的基础上,本文采用 T 值法来对双音节词声调的基频值进行归一化处理,得到双音节词声调的五度值。然后综合考虑整个双音节声调系统,对调值进行宽式归纳。通过归纳,可以观察到德傣双音节词声调的以下特点:

1. 1 调在前字位置变为平调,本文将 1 调位于前字时的变化模式处理为与位于前字的 6 调的模式相同;
2. 2 调在前字位置时变为升调;
3. 3 调在双音节中尾部下降相比单音节时减少,但是调型保持一致,本文将处理位不发生变调;
4. 4 调在双音节中尾部下降更不明显,本文将其在双音节中的变化情况处理为平调。
5. 例外的情况:根据声学分析和 T 值换算,促声调 8 调在“8+5”组合中变为升调,在“8+6”组合中变为降调,在“1+8”和“5+8”组合中变为升调,但由于这几个组合中例词较少(“1+8、8+6”各只有一个例词,“5+8”、“8+5”

各有两个例词),发生的变化在整个声调系统中也显得不规律,目前也无法找到这种变化的原因,所以本文暂将它们作为例外来看待。

据此,本文得到以下四条变调规则:

1. 1 调[24] → 6 调[33]/__+后字
2. 2 调[352] → [24]/__+后字
3. 4 调[54] → [55]/__+后字
4. 4 调[54] → [55]/前字+__

下面再将德宏傣语双音节词声调的变调模式和出现环境列表表示如下。除去例外的情况,一共有 30 种变调模式(圆括号内为相应的促声音节模式),见表格 4-4:

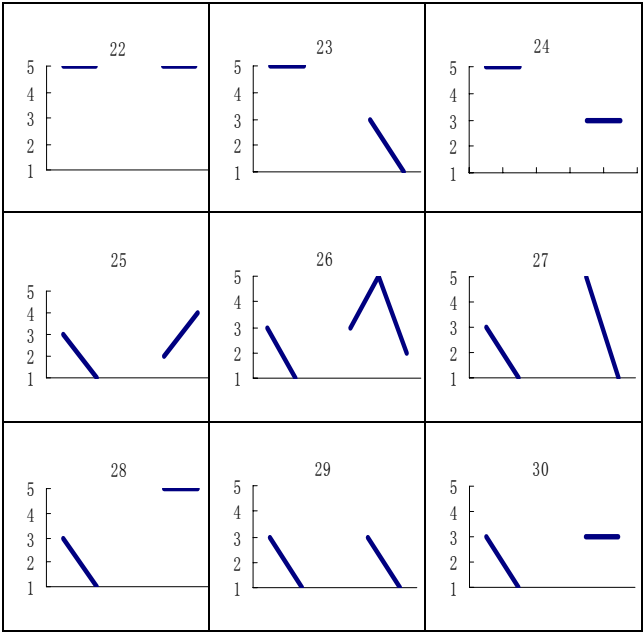
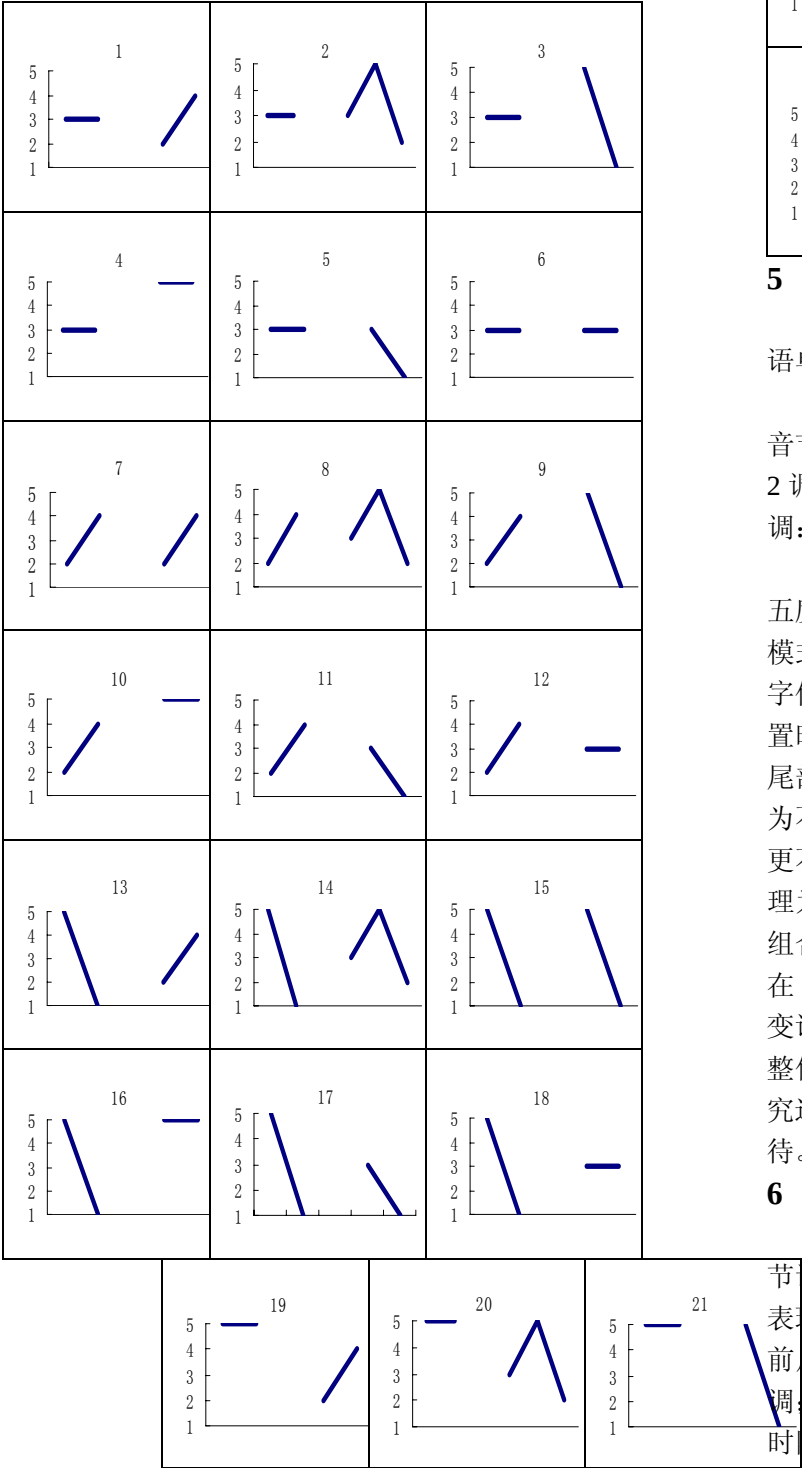
表格 4-4 德宏傣语双音节词声调的变调模式和出现条件

序号	变调模式	出现条件（以调类标写）
1.	33+24（ <u>33</u> +24）	1+1, 6+1, （7+1）
2.	33+352（ <u>33</u> +352）	1+2, 6+2, （7+2）
3.	33+51（ <u>33</u> +51）	1+3, 6+3, （7+3）
4.	33+55（33+ <u>55</u> , <u>33</u> +55, <u>33</u> + <u>55</u> ）	1+4, 6+4, （6+8, 7+4, 7+8）
5.	33+31(33+ <u>31</u> , <u>33</u> +31, <u>33</u> + <u>31</u>)	1+5, 6+5, （1+9, 6+9, 7+5, 7+9）
6.	33+33(33+ <u>33</u> , <u>33</u> +33)	1+6, 6+6, （1+7, 6+7, 7+6）
7.	24+24	2+1
8.	24+352	2+2
9.	24+51	2+3
10.	24+55（24+ <u>55</u> ）	2+4, 2+8
11.	24+31（24+ <u>31</u> ）	2+5, 2+9
12.	24+33（24+ <u>33</u> ）	2+6, 2+7
13.	51+24	3+1
14.	51+352	3+2
15.	51+51	3+3
16.	51+55（51+ <u>55</u> ）	3+4, 3+8
17.	51+31（51+ <u>31</u> ）	3+5, 3+9
18.	51+33（51+ <u>33</u> ）	3+6, 3+7
19.	55+24（ <u>55</u> +24）	4+1, 8+1
20.	55+352（ <u>55</u> +352）	4+2, 8+2
21.	55+51（ <u>55</u> +51）	4+3, 8+3
22.	55+55（55+ <u>55</u> , <u>55</u> +55, <u>55</u> + <u>55</u> ）	4+4, 4+8, 8+4, 8+8
23.	55+31（55+ <u>31</u> , <u>55</u> + <u>31</u> ）	4+5, 4+9, 8+9
24.	55+33（55+ <u>33</u> , <u>55</u> + <u>33</u> ）	4+6, 4+7, 8+7
25.	31+24（ <u>31</u> +24）	5+1, 9+1
26.	31+352（ <u>31</u> +352）	5+2, 9+2
27.	31+51（ <u>31</u> +51）	5+3, 9+3
28.	31+55（ <u>31</u> +55, <u>31</u> + <u>55</u> ）	5+4, 9+4, 9+8
31+31（31+ <u>31</u> , <u>31</u> +31, <u>31</u> + <u>31</u> ）		5+5, 5+9, 9+5, 9+9

- 30.31+33(31+33, 31+33, 31+33)5+6, 5+7, 9+6, 9+7
- 31.33+351+8[例外]
- 32.31+355+8[例外]
- 33.45+318+5[例外]
- 34.32+338+6[例外]

为了更利于观察,下面根据以上的总结给出 30 个双音节词声调调位模式示意图, 见图 4-14:

图表 4-13 双音节词声调调位模式



5 总结

本文通过实验语音学的方法研究德宏傣语单音节词声调和双音节词变调的情况。

经归纳整理,本次实验所用傣语材料的单音节词声调可以用五度值标写为: 1 调: 24; 2 调: 352; 3 调: 51; 4 调: 54; 5 调: 31; 6 调: 33; 7 调: 33; 8 调: 54; 9 调: 31。

双音节词声调的基频值经 T 值法换算为五度值后,可归纳出 30 种双音节词声调调位模式,其变调特点可以总结为:(1) 1 调在前字位置变为平调,记为 33;(2) 2 调在前字位置时变为升调,记为 24;(3) 3 调在双音节中尾部下降相比单音节时减少,记为 51,处理为不发生变调;(4) 4 调在双音节中尾部下降更不明显,本文将其在双音节中的变化情况处理为平调,记为 55;(5) 促声调 8 调在“8+5”组合中变为升调,在“8+6”组合中变为降调,在“1+8”和“5+8”组合中变为升调,这些变调只在个别词中发生,和 8 调在双音节中的整体表现不同,具体原因这还需要更深入的研究进行确认,本文暂时将它们处理为例外来看待。

6 讨论

值得注意的是本次实验中发现,德傣双音节词声调中促声调 7、8 调位于前后音节时的表现和同为促声调的 9 调差异明显——9 调在前后音节时变化情况十分整齐,没有发生变调; 7、8 (8 调除去例外情况) 调在前后音节时除了调型上和单音节词声调基本保持一致

外,分布比较分散,变化规律没有9调整齐。这可能与实验中例词数量有关,但另一方面这也足以引起我们对促声调在双音节环境中的声调功能的思考。

从声调的物理特性来看,基频、音强和长短往往同时起作用,只是在不同的有声调语言中,这三个物理特征对于声调功能的实现具有不同的作用。例如,在汉语普通话中音高(基频)起主导作用,而在藏语中音长和基频形成互补,甚至使基频成为羡余特征(孔江平,1995)。这些事实说明不同的声学参量在声调的识别和感知中是存在功能上的差异的,只是对这种差异目前的研究还知之甚少。回到本次实验中出现的德宏傣语双音节中的7调、8调基频曲线的分布情况,如果从不同物理特性对声调功能实现具有不同贡献的角度来看,可以对本次实验中7、8调特殊表现的原因作如下推测:二者由于处于双音节环境中,识别时可以依靠前后音节的环境,同时二者所处的独有的带有塞尾的促声音节特征也帮助着两个声调的识别,因而二者在双音节中的识别对基频的功能要求可能有所降低,而将声调功能通过音长和塞尾特征来实现,从而造成7、8两调的声调基频曲线在双音节组合中出现了从整体上分布较散的情况,不过这种状况也还需要增加调查进一步确认。

另外,结合实验事实来看,单音节7调的基频曲线和通过T值换算的五度值标写都与田野记音中将7调调值归为与1调相同存在差异,笔者的处理是将单音节7调和6调调值描写为一样,7调的这种变化也许也是影响7调在双音节词声调中变化的原因之一。但是,7调的变化是否稳定,本文仅据4个发音人还不能做出肯定的回答。

对于8调,《傣语方言研究》(周耀文、罗美珍,2001)指出:“(德傣)第8调有两个调值,短元音韵读为53(实际调值为54),长元音韵读为33;芒市话的长元音促声调33在盈江、梁河一带也读为54,为了规定在文字上第8调(33和53)不标调,所以把33并入53,合称第8调。”¹⁸调在双音节词声调中的变化是否与8调在长短元音音节中的不同表

现有关,这也需要增加发音材料进行进一步的研究。

参考书目

- 蔡荣男,《傣语的声调格局和元音格局》,南开大学文学院博士论文,未刊,2004
- 孔江平,2001,《论语言发声》,中央民族大学出版社,2001
- 林焘、王理嘉,《语音学教程》,北京大学出版社,2003(1992年第1版)
- 李洪彦,2006,《龙州壮语的声调研究——声学实验和生成音系学方法的结合》,北京大学“生成音系学”课期末论文,未刊,2006
- 刘岩、杨波,《德昂广卡话声调实验分析》,《民族语文》,2006年第2期
- 罗美珍、周耀文,《傣语方言研究》,民族出版社,2001
- 平悦玲等,《吴语声调的实验研究》,复旦大学出版社,2001
- 石锋,《天津方言双字组声调分析》,《语言研究》1986年第1辑,又收于《语音学探微》,北京大学出版社,1990
- 石锋,1987,《天津方言单字音声调分析》,《语言研究论丛》第4辑,又收于《语音学探微》,北京大学出版社,1990
- 石锋,《论五度值记调法》,《天津师大学报》1990年第3期,又收于《语音学探微》,北京大学出版社,1990
- 石锋,《汉语和侗台语的声调格局》,南开大学中文系博士论文,未刊,1990
- 石锋、廖荣蓉,《语音丛稿》,北京语言学院出版社,1994
- 谭晶晶,《诗洞标话双音节连读变调研究》,北京大学“生成音系学”课期末论文,未刊,2006
- 王均等编著,《壮侗语族语言简志》,民族出版社,1984
- 吴宗济、林茂灿主编,《实验语音学概要》,高等教育出版社,1989
- 喻翠荣、罗美珍,《傣语简志》,民族出版社,1980
- 朱晓农,《上海声调实验录》,上海教育出版社,2005

(杨若晓 中国语言文学系语言学实验室
100871)

¹罗美珍、周耀文,2001,《傣语方言研究》,民族出版社,25页

毛南语声调的声学分析和 自主音段音系学的解释*

An Acoustic and Autosegmental-phonological Study on Maonan Language Tones

杨若晓

Abstract The Maonan language belongs to the Dong-Shui branch of the Dong-Tai language group of the Chinese-Tibetan language family. In the previous language investigation, there were eight signal syllable tones in Huanjiang (in Guangxi Province of China) Maonao language and they were described as Tone 1: 42, Tone 2: 231, Tone 3: 51, Tone 4: 24, Tone 5: 44, Tone 6: 213, Tone 7: 55/44, Tone 8: 23/24. Tone 7 and Tone 8 exist in stop-final syllables. The little differences in Tone 7 and Tone 8 resulted from the differences between the long vowel and short vowel, in Tone 7 55 for the short vowel syllables and 44 for the long ones, and in Tone 8 23 for the short ones and 24 for the long ones. Except this study, no further study has been focused on Maonao language tones, both the signal syllable tones and the sandhi. However, it is important to study the reality of Maonan language tones and then learn the whole of Dong-Tai language tones, so it is necessary to study Maonan language tones again and compare the results of previous and recent studies and show the differences. Nevertheless, the complexity of Dong-Tai language tones reveals that the traditional auditory investigative method may not accurate enough to learn the quality of tones, especially the sandhi. Therefore we design this acoustic study for analyzing Maonan language signal syllable tones and sandhi. Additionally, we also use tone theories of autosegmental phonology to explain some acoustic results of Maonan language tones. At last, the results show that there are few differences

about signal syllable tones between this study and the previous one. According to the acoustic analysis, there are eight tones which can be described as Tone1: 51, Tone 2: 241, Tone 3: 431, Tone 4: 24, Tone 5: 44, Tone 6: 323, Tone 7: 44 and Tone 8: 24. The results also display the differences of tones in short and long vowel syllable in Tone 7 and Tone 8, but considering building the tone system and sandhi analyzing, we only describe the differences and not show it by tone numbers. Moreover, there are appreciable sandi in Maonao language. Concretely, Tone 1 and Tone 3 become high-falling ones in the anterior syllable and can be described as 43; Tone 2 and Tone 6 become middle-falling ones in the anterior syllable and can be described as 32; Tone 8 becomes a level tone in the anterior syllable and can be described as 44. According to tone theory of autosegmental phonology, the sandhi in Tone 1, Tone 3, Tone 6, Tone 8 can be explained by floating-tone theory. Simultaneously, we also rewrite the tone system by HML marks and do some research on the downstep phenomenon.

内容摘要 本文通过实验语音学的方法对毛南语的单音节声调和双音节变调情况进行声学分析, 分析得到毛南语 8 个单音节声调的五度值和 30 种双音节调位模式、18 种双音节变调模式。在此基础上利用自主音段音系学的浮游调理论对双音节变调现象进行解释, 此外还利用 HML 标调法标写了声调系统, 并对降阶现象进行了讨论。

1 引言：研究背景

毛南语（也叫“毛难语”）是毛南族使用的语言。毛南族自称 $ma:u^4nan^6$ 或者 ai^1nan^6 , 主要聚居在广西壮族自治区环江县内的上南、中南、

* 本文研究得到中国社会科学院重大项目“汉藏语声调的声学研究（侗台语卷）”的资助。

下南一带，小部分散居在附近的河池、宜山、南丹和都安瑶族自治县等地。在聚居区内，由于居住比较集中，毛南语语言内部基本一致，没有方言、土语的差别，但是却受到周围汉语和壮语的较大影响。

从语言系属上，毛南语是汉藏语系侗台语族侗水语支的一种语言。以往对毛南语的研究并不多见，在笔者所收集资料的范围内，只有《毛难语简志》（梁敏，1984）对它进行了初步的比较全面的介绍。毛南语和同语族的其他语言有很多共同特征，例如元音分长短，有i、u、m、n、ŋ、p、t、k等韵尾，有8个与汉语平上去入相当的调类等，因而毛南语是侗台语族中的一种具有代表性的语言。

本文在以往研究的基础上，通过实验语音学的方法主要对毛南语的单音节声调和双音节变调情况进行声学分析，建立毛南语声调系统和发现声调的变化情况，此后利用自主音段声调学的理论结合实验结果进行相关解释和说明，试图通过这种研究揭示毛南语声调的更多特点和规律。

在具体说明关于声调的实验和实验结果之前，下面首先结合《简志》对毛南语的音系进行简单的介绍。

2 毛南语音系简介

2.1 声母

毛南语一共有72个声母，如下：

p	ph	mb	b			m	ʔm		f	v	w	ʔw
t	th	nd	d	ts	tsh	n	ʔn	l	s	z		
c	ch	cd				c	ʔc		ɸ	j		ʔj
k	kh	ŋg				ŋ	ʔŋ					
ʔ									h	fi		
pj	phj	mbj	bj			mj			fj	vj		
tj	thj	ndj	dj	tsj	tshj	nj		lj		zj		ʔnj
tw			dw	tsw	tshw			lw	sw	zw		
cw	chw					cw			ɸw	jw		ʔjw
kw	khw	ŋgw				ŋw	ʔŋw					

2.2 韵母

毛南语一共有韵母88个，它们是：

a	ai	au	am	an	aŋ	ap	at
au	ai	au	am	an	aŋ	ap	at
ɛ		eu	em	en	eŋ	ep	et
e		eu	em	en	eŋ	ep	et
i		iu	im	in	iŋ	ip	it
			im	in	iŋ	ip	it

o	oi	om	on	oŋ	op	ot	ok
				oŋ	op	ot	ok
o	oi	om	on	oŋ	op	ot	ok
u	ui	um	un			ut	uk
		un	uŋ			ut	uk
ə		əm	en	eŋ	ep	et	ek
		əm	ən	eŋ	əp	ət	ək

y

ɣ

u

ŋ

2.3 声调

毛南语的声调分为两类：带塞音韵尾-p、-t、-k的音节属促声调，其余都是舒声调。

舒声调共有6个，即第1、2、3、4、5、6调。促声调有2个，即第7调和第8调。第7、第8调又由于元音长短而在调值上存在细微的差别。

调类	调值	举	例
第1调	42	ta ¹ 虫	kha ¹ 耳朵
第2调	231	ma ² 舌	za ² 药
第3调	51	ha ³ 杀	na ³ 脸
第4调	24	la ⁴ 说	na ⁴ 吃
第5调	44	pha ⁵ (用刀) 破	ta ⁵ 中间
第6调	213	ta ⁶ 经过	pa ⁶ 糠
第7调(短)	55	tja ⁷ 断	zak ⁷ 洗
第7调(长)	44	pa:k ⁷ 口	za:k ⁷ 绳
第8调(短)	23	tak ⁸ 雄性	dak ⁸ 聋
第8调(长)	24	la:k ⁸ 儿子	dak ⁸ 骨头

《简志》中列举了毛南语声调的如下特点：

1. 一共6个舒声调和2个促声调，和汉语平上去入各分阴阳相当，促声调调值因元音长短而不同。
2. 1调和3调调值相近，往往不易分辨，但是第1调较紧促，第3调较舒长。
3. 7调和8调长短元音韵调值稍有不同。
4. 毛南语某些调连读时有变调现象。就下南话来看，主要有：
 - a) 两个5调连读时第一个变成中平。
 - b) 第6调在其他音节前时往往念成低降。
 - c) 第3调在其他音节前时也常常念低降。
5. 有些词头和语气词常常念成轻声调。

6. 毛南语各调类的调值与壮语北部方言桂北土语的调值基本相同。

3 实验说明

本次实验根据毛南语的 8 个调类选词。在选择例词时注意选用塞音声母音节例词，以方便后期提取数据时能够比较准确地切分声母部分和韵母部分，同时注意剔除借词，以保证声调声学数据的准确性。单音节部分的例词按照 8 个调类选词，每调选词三个。双音节部分的例词按照 8 个调类两两组合选词，可以得到 64 种组合，实验中每种组合尽量保证有 3 个词进行平均。

实验材料是 2003 年 3 月在广西省环江县录制的两个男声发音，录音软件为Cooledit2.0。采用双声道录制，左声道录制声音信号，右声道录制声门阻抗信号（EGG 信号），采样频率为 22050Hz。分析软件为实验室编写的软件。¹

在对声音文件进行标记时，首先利用自相关算法提取基频周期，软件自动提取不够准确的地方根据声音波形和宽带语图进行手工修改。然后去除弯头降尾，再把语音样本进行平均，进行多项式拟合，获得拟合后的声调曲线图和声调参数。同时，该软件还对基频进行了时长归一化处理，处理后，舒声调取 30 个点，促声调取 15 个点。

4 毛南语声调的声学分析

4.1 单音节声调

根据所提取的声学参数，下面利用 Excel 画出毛南语单音节声调的基频平均曲线图：

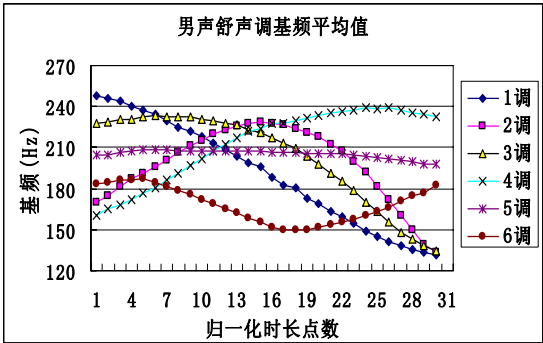


图 1 男声舒声调基频平均值

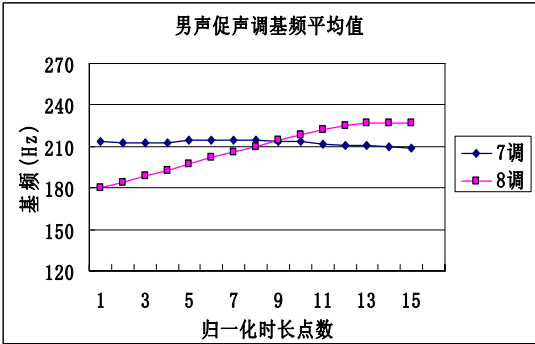


图 2 男声促声调基频平均值

在图 1 中，1 调和 3 调的基频曲线都是下降的，但是下降的方式不同。《简志》中认为，1 调和 3 调调值相近，往往不易分辨，但是第 1 调较紧促，第 3 调较舒长。2 在图中，1 调起点高于 3 调，下降迅速，是一个高降调，而 3 调曲线前段有一平缓的部分，形成一种过渡，之后才迅速下降，两个声调终点大致重合。声学分析的结果和《简志》中对这两个声调的描述是基本一致的，3 调曲线前部的平缓部分可能是造成 3 调较舒长的原因。这种分别是否和历史上的音变或者发声方式有关，还需要再进行考证。

2 调和 6 调都是曲折调。2 调呈“升降”型，6 调则呈“降升”型。2 调的曲拱幅度大于 6 调。2 调的终点和 1、3 调的终点接近。

4 调为升调，终点位置基本和 1 调起点平行。

5 调位于整个声调基频声学空间的中上部，为平调，尾部有轻微的下降。

7 调和 8 调为促声调，《简志》中认为两调因为元音的长短又各分为两调，用五度标调法可标写为：短元音 7 调为 55，长元音 7 调为 44，短元音 8 调为 24，长元音 8 调为 23。实验声学分析的结果支持这种看法，见图 3 和图 4：

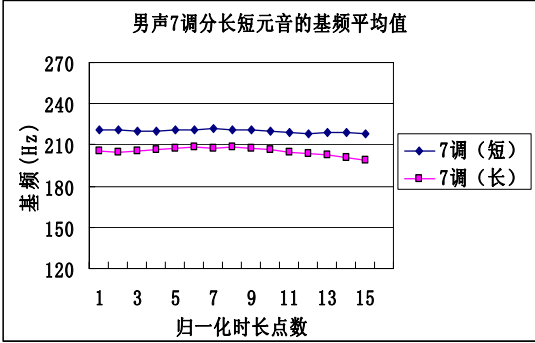


图 3 男声 7 调分长短元音的基频平均值

¹ 程序由孔江平和吴西愉编写。

² 梁敏，《毛难语简志》，收录于《壮侗语族语言简志》，1984：608

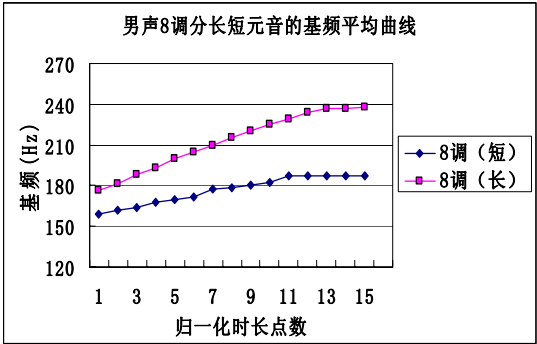


图 4 男声 8 调分长短元音的基频平均值

可以看到，元音长短的分别对平调和斜调具有不同的作用。短元音在 7 调中使平调整体抬高，而在 8 调中则是长元音使时长加长为斜调尾部抬高创造了更充分的条件。值得注意的是，首先，在听感上，与长元音对应的 7、8 调在听感上有“紧嗓音 (pressed voice)”的特点，这意味着 7、8 调由于元音长短而形成的区别可能有发声 (phonation) 方式的作用，这需要进一步研究。其次，在单音节中元音长短分别比较明显的 7、8 两调在进入双音节中后长短的分别却不太明显，而且在双音节词中较难找到区分长短元音、比较整齐的含有 7、8 调的音节，所以考虑到系统性和描写双音节调的方便，本文将 7、8 调长短元音音节进行平均处理，这样可以得到上页图 2 所表示的 7、8 调基频平均曲线。

为了和《简志》中对毛南语单音节声调的描写进行比较，同时方便下文对双音节调部分的论述，下面我们采取以下公式来将以上所得到的基频值换算为五度值。不过，利用公式算出来的数据并不完全等同于最后的 5 度值，还需要综合考虑其他因素来确定 5 度调值。换算公式如下：

$$Ti = [(lgx - lgb) / (lga - lgb) \times 4] + 1$$
其中 a 为调域上限基频，b 为调域下限基频，x 为测量点频率，本次实验取起点、折点和终点位置的基频。在本文中，单音节部分 a、b 分别取平均后的 8 个声调基频数据点中的最大值和最小值。以下我们得到毛南语的单音节五度值曲线和结果，见图 5 和图 6：

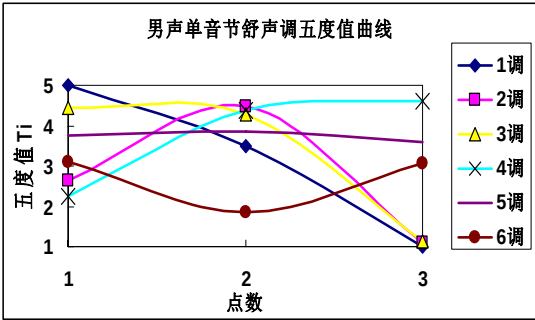


图 5 男声单音节舒声调五度值曲线

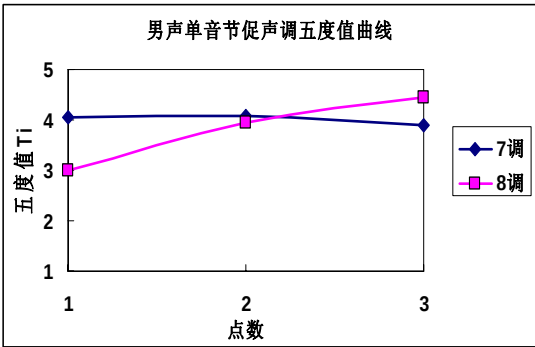


图 6 男声单音节促声调五度值曲线

实验中毛南语单音节声调的五度值可以归纳为，见表格 1：

表格 1 本次实验归纳的毛南语单音节声调五度值和《简志》五度值

	1 调	2 调	3 调	4 调	5 调	6 调	7 调	8 调
本次实验	51	241	431	24	44	323	44	24 (35)
《简志》	42	231	51	24	44	213	55(短)/44(长)	23(短)/24(长)

在上表的归纳中，2 调的折点、3 调的起点和折点、4 调的终点基本处于同一水平位置，所以将这几点的高度都用 4 来记录。5 调位于 3 度和 4 度之间，和 4 度更加接近，考虑系统性，将其记为 44。7 调基本位于 4 度上，所以记为 44，下加横线表示其为促声调。8 调起点位于 3 度上，终点位于 4 度和 5 度之间，考虑到 1 度在听感上差别太小，归纳声调音位是在严式记音的基础上综合考虑其他因素最后用宽式记音来确定调值，通行的做法是起始值至少要差两度以上，所以本应将其记为 35，但是考虑到侗台语族语言的促声调在舒声调中往往都可以找到调值相同或相近似的声调，而且往往是促声的单数调与舒声的单数调相配，促声的双数调与舒声的双数调相配，而且就毛南语而言，24 和 35 两种调值在整个单音节声调系统中并不形成对立，促声调又存在韵尾上的特殊性，因此，笔者以为把 8 调记为 24 更加符合归纳的系统性。1 调和 6 调根据它们在

五度区间中的实际位置来进行标写。

综上所述,从五度值上看,本次实验得到的毛南语单音节声调和《简志》对毛南语单音节声调的描写没有太大的区别。除了在具体调值上存在差异外,两种方法得到的毛南语单音节声调调型相同。此外,实验为听感上存在的1调和3调的差异提供了声学上的证据。

4.2 双音节调

基于以上对毛南语单音节声调的分析,下面我们来看这些声调在双音节前后位置时的变化情况。

单音节中的1调和3调都是降调,在双音节中前一音节时二者都呈现出下降幅度减小的现象。在图7和图8中可以看到,和单音节声调(图中用带有空心三角形的曲线表示)相比,1调、3调在双音节首位时基频曲线尾部高于单音节声调,3调的表现尤其明显。听感上也可以明显感到这两个声调位于前音节时不如单音节调降得那么低,而且声调下降的整体变化范围也不大。

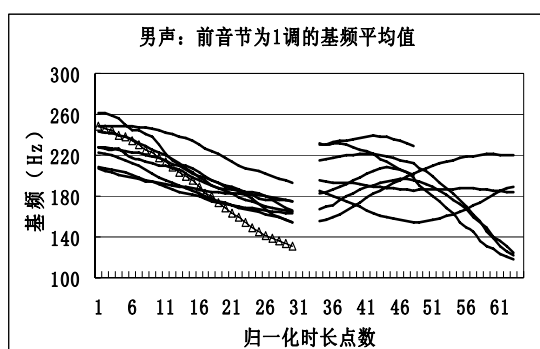


图7 男声：前音节为1调的基频平均值

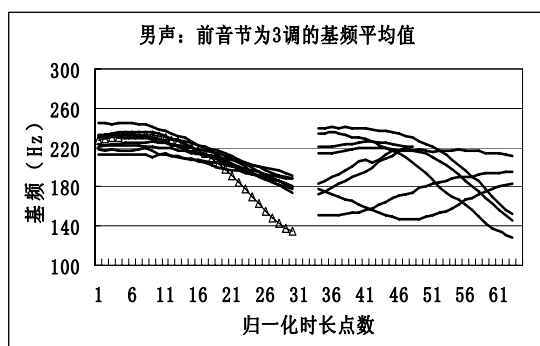


图8 男声：前音节为1调的基频平均值

2调和6调都是曲折调,曲折调在语流中是最容易发生变化的声调。由于发音省力以及语流中协同发音的作用,曲折调往往有时单念前一部分,有时又单念后一部分,或者变化为一个新的非曲折声调。2调和6调在双音节前一音节的变

化正反映了这些特点。具体来说,2调在8种组合中位于前一音节的曲线呈现出比较一致的变化:曲线前部带有一个轻微的弯头,之后曲线继续延展,直到终点造成轻微的下降,总体而言这些曲线像是单音节声调曲线整个音域被压缩以后形成的。从听感上,2调在这些组合中偏平,尾部下降,已经丧失了单音节声调中明显的“升降升”的特征。6调在前一音节时除了“6调+1调”、“6调+6调”组合,其余组合中曲线整体偏平,起点与单音节声调基本位于同一位置,在尾部有轻微下降。在听感上,6调位于这些组合前一音节时像低降调。“6调+1调”和“6调+6调”中的前音节6调整体高于其余几种组合中的6调,“6调+6调”中6调偏平,“6调+1调”中6调则在尾部上升。听感上,“6调+6调”中前音节6调基本以平的特征为主,在所有的3个例词中有尾部微升和微降两种情况。“6调+1调”组合则3个例词以平为主,但在尾部都有上升特征。这两种情况是由什么原因造成的,还需要以后的研究来进一步回答。考虑到这两个声调都含有平调的特征,同时为了描写的系统性,本文暂将二者算作与其余前音节6调变化相同。深入了解两调的变化情况,还有待后续研究扩大调查面进行确认。参见图9和图10:

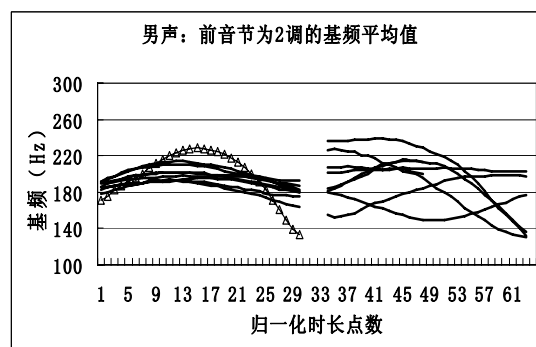


图9 男声：前音节为2调的基频平均值

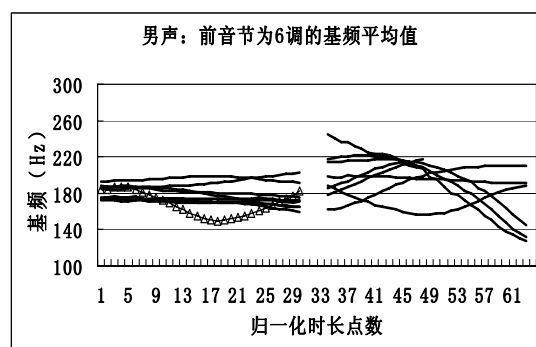


图 10 男声：前音节为 6 调的基频平均值

8 调是一个促声调，在单音节中时这一声调呈上升调型。在双音节前一音节时这一声调呈平调调型特征，并且曲线分布较分散，分布位置与位于前一音节的 7 调曲线大致相当。并且促声调在前字位置时常常更短、更轻、更弱，在这种情况下基频值的变化也相应地比较灵活，这也许是因为造成促声调曲线在前音节分布较分散的原因。参见图 11：

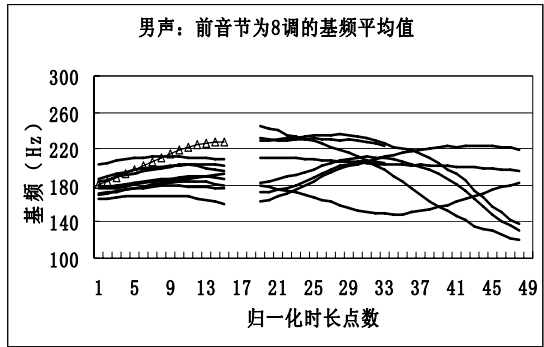


图 11 男声：前音节为 8 调的基频平均值

4 调、5 调和 7 调在双音节前一音节时都不发生变调。其中，4 调的所有曲线都低于单音节声调基频曲线而呈上升趋势。5 调的所有曲线都在单音节声调曲线附近整齐分布，保持平调调型。位于前一音节的 7 调曲线基本都保持平调调型，分布在单音节声调的位置上下，整体来看比较分散，不像 5 调那样紧凑。

所有 8 个声调在双音节前一音节位置时都不发生变调，基频曲线基本保持了和单音节声调相同的调型特征。

基于以上分析，我们可以进一步对毛南语双音节声调的调位模式进行归纳。归纳中，考虑到 1 调和 3 调在单音节中都为降调，二者在双音节前位时都由于有后一音节的作用而下降不充分，即没有降到单音节声调的最低点，根据两个声调在这一点上的相似性，同时考虑系统性，我们将 1 调和 3 调在双音节前位时的变化归为同一种变调情况，调值记为 43。这种归纳也符合笔者的听感，至于声学分析中两个声调的差异也许并不是双音节前位中区分两个声调的决定因素。与以上归纳方法类似，我们将位于双音节前位的 2 调和 6 调也归纳为相同的变调情况，调值记为 32。具体来说，虽然 2 调略带凸度和尾部下降，而 6 调则没有凸度并且尾部轻微下降，同时还有两个比较特殊的情况，但是 2 调和 6 调位于双音节前位

时都带有平的特征，并且笔者听感上二者在双音节前位时不易区分，所以对它们进行了归纳。

于是，经过归纳整理和考虑系统性，毛南语 8 个声调在双音节中的变化情况可以归纳如下，一共 30 种双音节调位模式（带有*者既是双音节调位模式，也是变调模式，故有 18 种变调模式），参见表格 2：

表格 2 毛南语双音节声调的调位模式和变调模式

序号	出现条件	调值
1.	* 1+1, 3+1	43+51
2.	* 1+2, 3+2	43+241
3.	* 1+3, 3+3	43+441
4.	* 1+4, 3+4 (1+8, 3+8)	43+24 (43+24)
5.	* 1+5, 3+5 (1+7, 3+7)	43+44 (43+44)
6.	* 1+6, 3+6	43+323
7.	* 2+1, 6+1	32+51
8.	* 2+2, 6+2	32+241
9.	* 2+3, 6+3	32+441
10.	* 2+4, 6+4 (2+8, 6+8)	32+24 (32+24)
11.	* 2+5, 6+7 (2+7, 6+7)	32+44 (32+44)
12.	* 2+6, 6+6	32+323
13.	4+1	24+51
14.	4+2	24+241
15.	4+3	24+441
16.	4+4 (4+8)	24+24 (24+24)
17.	4+5 (4+7)	24+44 (24+44)
18.	4+6	24+323
19.	5+1	44+51
20.	5+2	44+241
21.	5+3	44+441
22.	5+4 (5+8)	44+24 (44+24)
23.	5+5 (5+7)	44+44 (44+44)
24.	5+6	44+323
25.	* 7+1, 8+1	44+51
26.	* 7+2, 8+2	44+241
27.	* 7+3, 8+3	44+441
28.	* 7+4, 8+4 (7+8, 8+8)	44+24 (44+24)
29.	* 7+5, 8+5 (7+7, 8+7)	44+44 (44+44)
30.	* 7+6, 8+6	44+323

通过以上归纳，毛南语双音节声调的变调规则可以归纳为如下四条：

1. 双音节前一音节发生变调，后一音节不发生变调；

2. 1调和3调在双音节前一音节时降幅减小, 所跨声调音域缩小;
3. 2调和6调在前一音节时变为中降调;
4. 8调在前一音节时变为平调, 整体位置略低于7调位于前一音节时, 但二者有重合。

5 自主音段音系学对毛南语声调系统的解释

5.1 自主音段音系学对声调的基本看法

生成音系学的标准理论(SPE)认为音流的组合模式是单线性的组合模式, 如声调、重音等, 这些超音段成分在SPE中被处理为与音质音段排列在一条线上的附加特征。但是随着研究的深入, 人们发现超音段成分也有自己的结构, 它和音质成分的结构形成并行的两条线性结构, 就像歌词和曲谱, 两条结构互相关联, 但也存在区别, 不能用一条线性结构来涵盖。于是, 后SPE的音系学针对音流的单线性结构模式, 提出了多线性的结构模式, 在多个层面上处理音系。

70年代后期出现的自主音段音系学(J. Goldsmith 1976, G. N. Clement & J. Goldsmith 1979)是后SPE音系学中的重要理论之一, 声调是他们的一个研究热点。他们通过处理非洲声调和日语式声调提出, 语流中声调的音高变化虽然与音质(音节的韵这一部分)成分同时发出的, 但有自己的、独立于音质线性列的线性结构, 这就是音高的旋律结构, 从而声调构成了独立的音列。他们的研究揭示了声调调型中的声调特征和TBU(声调承负单位, tone bearing unit)联接方面的强制非恒值原则、普遍连接规约、声调延展规则、浮游调等规则和现象。

本文以下就将试图采用自主音段音系学关于声调的相关理论对毛南语的单音节声调和双音节声调进行考察和讨论。

5.2 用浮游调来解释毛南语的变调现象

浮游调(floating tone)是语素或词干在深层或在派生过程中出现的未联到TBU(声调承负单位, tone bearing unit)上的声调特征, 也就是按普遍联接的一对一联接规约联接后或元音弱化后多出来的声调特征。¹汉语方言中普遍存在着一种变调现象: 单字调中的曲折调或全升、全降调在前字位置上失落后半程二变为半升、半降的斜调。浮游调的概念就可以解释这种变调现象形

成的原因(参看Duanmu, 1990): 曲折调、全降或全升的斜调其实都含有三个不同的声调特征, 但汉语的正常音节是两莫拉(mora)结构, 所以第三个声调特征其实是与TBU没有固定连接的浮游调, 这样它们只在单念或连调域的末位位置等可以拉长的情况下才得以显现, 在不能拉长的连读前字位置不能显现。²从上文对毛南语声调系统进行的声学分析中, 我们注意到单音节声调中存在着两个全降调和两个曲折调, 它们在双音节前音节位置时也发生了变调, 这种现象也可以浮游调的理论进行解释吗?

在回答上面问题之前, 下面需要先对TBU(声调承负单位, tone bearing unit)进行一些说明。浮游调等声调特征通过普遍连接规约(UAC, Universal Association Convention)与TBU联接, 端木三指出被提议作为TBU的有四种类型的单位: 整个音节(或其中的浊音部分)、音节的韵这一部分(不包括音节首音)、莫拉(包括音节首音)和莫拉音段(韵中的音段)。端木三(1994)通过论证指出TBU可能不存在跨语言的差异, 在所有语言中都是莫拉音段。³笔者在以上实验中注意到毛南语音节首音部分对声调调型没有规则的作用, 所以笔者同意端木的看法, 即认为毛南语声调的TBU是莫拉音段, 因而下文讨论时只对音节中韵的部分进行分析和说明, 而不管声母部分。

在用浮游调理论对变调现象进行具体解释之前, 我们需要先对毛南语的音节结构做一简单讨论。

根据所掌握的毛南语材料, 可以归纳出毛南语的音节结构有以下几种: CVC、CV_iC、CV、CCVC、CCV_iC、CCV、CVV、CV_iV(C指辅音, V指元音, V_i指长元音)。毛南语是属于汉藏语系侗台语族侗水语支的语言, 和汉语一样, 毛南语也是单音节语言, 每一单音节和某一特定的声调调型相对应。在利用自主音段音系学理论对汉语北京话音节和四声的研究中, 端木三认为汉语所谓的无尾韵(单韵母)其实都是长元音韵, 韵腹

¹ 参见王洪君, 《汉语非线性音系学——汉语的音系格局和单字音》, 北京大学出版社, 1999: 236

² 参见王洪君, 《汉语非线性音系学——汉语的音系格局和单字音》, 北京大学出版社, 1999: 246

³ 这一段中关于TBU类型在学界的争论和端木三的看法参见: 端木三著, 王洪君译, 2000, 《声调总览》, 载于北京大学汉语语言学研究中心网站 <http://ccl.pku.cn/resource.asp?item=1&page=3&expand=224>

不仅占据第三位置，而且占据第四位置，所以汉语的无尾韵从听感上说与有尾韵的长度没有什么不同，因而汉语的无尾韵和有尾韵都是两莫拉的结构。¹那么，如果毛南语的音节结构与汉语相似，毛南语的音节中韵的部分是否也是两莫拉结构呢？对于单元音韵和短元音有尾韵，由于两种语言音节结构的相似性，因而这一问题的答案是肯定的。但是，我们也注意到，毛南语中组成有尾韵的元音可能是长元音，这意味着如果长元音是由两莫拉构成的，那么此时有尾韵是否是一个三莫拉结构呢？

下面以男声 2 的发音为例，通过一些元音呈长短对立的环境对毛南语的长短元音时域特征进行初步考察（以下都是关于舒声调的情况），再来回答毛南语长元音韵由几莫拉组成的问题，参见图 12 和图 13：

例词（短）	[cam ⁶]按	[caŋ ¹]草	[lai ⁵]铜板（铜圆）
时域图			
时长(ms)	461	270	496
例词（长）	[cam ⁶]齿锄	[caŋ ¹]光线	[lai ⁵]（苍蝇）爬
时域图			
时长(ms)	478	308	502

图 12 长短元音音节对比（1）

例词（短）	[lim ³]了解	[tsau ⁶]发愁
时域图		
时长(ms)	382	333
例词（长）	[lim ³]瓣儿	[tsau ⁶]矛
时域图		
时长(ms)	389	382

图 13 长短元音音节对比（2）

从上图可以看出毛南语长短元音的对立主要表现在韵中的韵腹和韵尾的组成不同上，即在

短元音音节中韵腹短韵尾长，而在长元音音节中则韵腹长而韵尾短，韵尾在长短元音对立的环境中时长并不相同。从这里，我们可以做出这样的推测：毛南语的单音节时长是有一定时长限制的，也许我们可以把它称为“最大时长”。因而，在毛南语长短元音对立的音节中，由于最大时长的限制，主元音（韵腹）和韵尾只好通过交换时长的对比来实现元音长短的对立，正如英语中的音步倾向于相同的长度，因而组成音步的音节时长也会发生相应的变化一样。虽然在上面的例词中，长元音音节都比短元音音节要长，但是二者在时长上的差别只在 50ms 以内，这种差别在听感上可以忽略不计。而且从实验的角度，如果把这些音节中韵的尾部切掉 50ms 左右再进行听辨，根据笔者的听感，被切后时长有所缩短的音节并不影响整体音段的实现，所以我们可以初步认为：即使存在长元音，毛南语音节中韵的部分依然是以两莫拉为组成单位的。当然这还需要更严密的感知实验来进行进一步的证实，这也是笔者下一步的工作之一。

于是，在此基础上，我们可以回答前面的问题：毛南语中含有长元音的音节并不因为长元音而成为三莫拉结构，毛南语的音节中韵的部分仍是两莫拉结构。

由于毛南语的正常音节为两莫拉结构，下面我们可以来解释毛南语双音节中的变调现象。

首先是位于前一音节的 1 调和 3 调。两调在单音节中同为降调，其中 1 调下降较快，而 3 调下降较慢并且具有一个动程，二者下降的终点接近，在听感上两种声调有的音节区别不大，有的音节则区别明显。在双音节中两种声调位于前一音节时的基频平均曲线表现并不完全相同——1 调变为低降时尾部的下降趋势不如 3 调整齐和明显，但是二者同为降调，在听感上区别不大，上文将其归纳同一种变调类型，调值记为 43。从浮游调的角度来看这一问题，毛南语的每个正常音节有两个莫拉，因此可以与两个声调特征有深层连接，因而可以形成为不可预测的斜调，此外还能再带一个浮游调身份的声调特征，从而形成曲调或者是加长的斜调；浮游调在单念或者多音节词的末位音节时得以实现，而在前字位置则被删除。

首先来看 3 调。3 调中“1”这一声调特征为浮游调，它在单念或者双音词末尾时实现出来，

¹ 参见王洪君，《汉语非线性音系学——汉语的音系格局和单字音》，北京大学出版社，1999：130

而在前音节位置时则被删除，于是 3 调在双音节前一音节位置时变为低降调。图 14 表现了它们的具体实现过程：

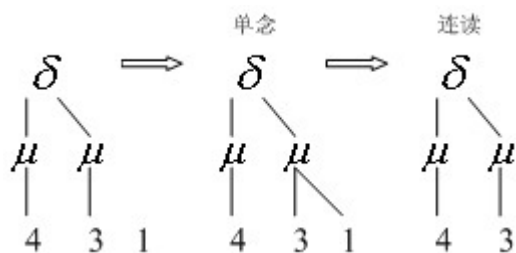


图 14 3 调变调的浮游调解释

下面再来看 1 调。1 调在双音节中的首音节位置也出现了降尾抬升、降幅减少的现象，但是 1 调在单音节中为一个速降调，并没有像 3 调那样的动程，那么 1 调在双音节中的变化是否也是由浮游调的删除造成的呢？由于在单音节中 1 调没有像 3 调那样的过渡部分，但是根据它在双音节前字的表现，笔者设想为单音节中的 1 调设置一个“可能的过渡形式”（下面用 @ 来表示），这一“可能的过渡形式”在单音节中或双音词末尾并不明显，于是最后一莫拉直接连接浮游调“1”，这时 1 调听起来便像一个速降调，声学分析的结果也支持这种听感。但是在双音节中，由于浮游调的删除，这个原本不明显的“可能的过渡形式”则显现出来，之后再经过一个起点下调的调域调整，这就造成了 1 调在双音节前一音节位置上的变化。图 15 表示了这一过程：

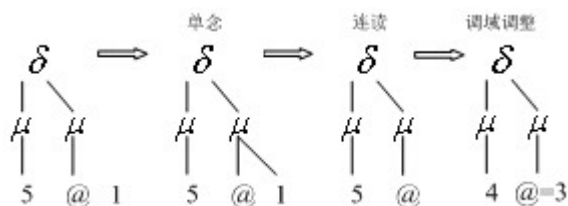


图 15 1 调变调的浮游调解释

从浮游调的角度，还可以解释毛南语双音节中 6 调的变化。6 调的浮游调特征“3”（323 中后一个 3）在单音节或双音节末位时连接在第二个莫拉上实现出来，但在双音节前一音节时则被删去，于是此时 6 调呈现出平降调的调型。图 16 表示了这一过程：

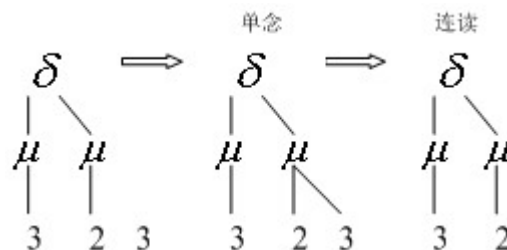


图 16 6 调变调的浮游调解释

以上三种舒声调中的浮游调是否在后接轻声音节或者类似音节时出现漂移的现象，还有待对毛南语进行更多研究来确认。

下面再来看促声调 8 调的变调情况。8 调在双音节前一音节时变为平调，这是否可以用浮游调的概念来进行解释呢？毛南语的促声调在单音节中和双音节末位时保持了较好的调型，这和汉语方言中常出现的促声调较短促只能用五度标调法中的一个数字进行表示不同。但是，单音节促声调的时长和舒声调相比，还是十分短促的，因而不大可能由两个莫拉组成。于是，如果 8 调只和一个莫拉相连，那么构成斜调的两个声调特征，后一个就可能成为浮游调，只在单念或者音节组合的末位连接到莫拉上出现，而在音节组合前位时则被删除，这样 8 调就成为短促的平调，再经过调域的调整，成为我们在实验中看到的 8 调。从 8 调和 7 调位于双音节前位时的基频曲线来看，8 调曲线总体分布略低于 7 调，这似乎暗示了 8 调调域调整的某种不完全性。不过，促声调的识别不仅涉及音高的特征，还有韵尾的作用，这使得促声调的变体很多，在声学分析的结果中也显得不是那么整齐，以上的解释只是一种初步的思考，还有待验证。下面的图 17 和图 18 分别展示了用浮游调解释 8 调的变调过程，以及 8 调和 7 调的对比：

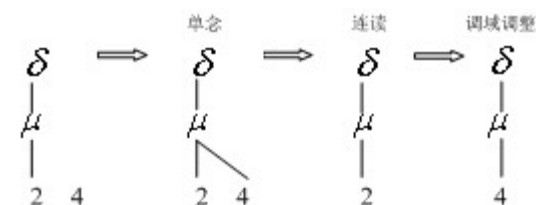


图 17 8 调变调的浮游调解释

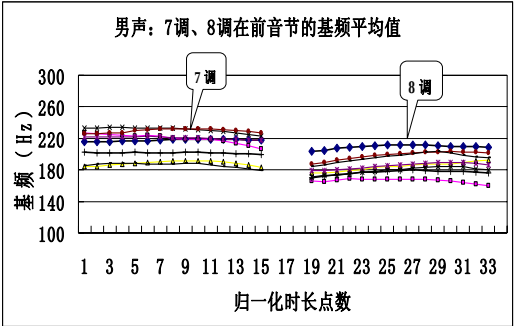


图 18 男声：7 调、8 调在前音节的基频平均值

但是，用浮游调的理论似乎不能对 2 调在双音节前一音节的变化进行比较圆满的解释。2 调在单音节或双音节末位时为一个降升降的曲折调，在上一音节时和同为曲折调的 6 调相似，也呈现出平降调的特征，但是我们却不能说这是由于 2 调本调“241”中“1”为浮游调，该调在双音节前一音节中被删除造成了 2 调的变化，因为如果是这样，此时的 2 调应该是一个类似平升调的调型，而事实相反。于是，2 调在双音节前一音节的变化可能是由于时长缩短、处于弱读位置（根据笔者的听感，毛南语的双音节词是以“轻重模式”为主要特征的，即前一音节轻，后一音节重）造成的整体调型的替换，这既有发音省力的原因，也有语音环境的原因，也许还有非纯语音原因的激发，这还需要进一步研究。

综上所述，可以说毛南语的双音节变调方式并不是单一的。自主音段音系学关于浮游调的理论可以很好地解释毛南语大部分变调现象，但是 2 调的变调并不能用自主音段声调学提出的规则进行解释，它和汉语方言中常见的邻接交替式变调性质相似，是一种整体调型的替换。以上的研究反映了汉藏语系声调语言的声调所具有的独特之处——单音节调型在这些语言中有很重要的地位，在连读中它既可能有以声调特征为单位的传递式变化，也会出现以调型为单位的交替式变化。自主音段音系学关于声调的理论为解释汉藏语系声调语言丰富的变调现象提供了诸多有益思考的可能，但是还不能完全解释汉藏语系语言的声调现象。如何更好地解释汉藏语系声调语言的声调特点可以说是对自主音段声调学理论的一个极大挑战，但同时也是理论本身得以完善的一个良机。

5.3 用 HML 标调法描写毛南语的声调系统

自主音段声调学在研究中使用 H（高）、M

（中）、L（低）标调法标写声调。和汉语声调研究中常常采用的五度标调法不同，HML 标调法需要首先确定一个方言中有区别作用的音高有几级，有两级就用 H、L 表示，有三级就用 H、M、L 表示。HML 标调法基于对声调音列独立性的认识，其中 H、M、L 标度代表的是声调单值音高平调的特征，三者组成的序列则反映了组合后形成的声调调型。这种方法在非洲语言声调和日语声调中可以很好地抽象出声调调型的特点，从而可以简明地说明不同声调在系统中的价值。

在近来采用 HML 标调法描写汉语方言和一些少数民族语言的声调系统的研究中发现，这种标调法可以揭示一些使用五度标调法时不能看到的规律。下面我们也采用 HML 标调法对毛南语的声调系统进行描写和得到毛南语单音节声调和双音节声调组合的音高特征序列。

在使用 HML 标调法时，首先需要确认有几级音高对立。在毛南语的单音节声调中，注意到如果采用 HL 两级对立，则 1 调和 3 调不能区分，二者同为 HL，所以需要设立 M 一级。于是以下规定：4、5 两度为 H，3 度为 M，1、2 度为 L。基于此，下面将毛南语单音节声调用 HML 三级音高对立改写为：

表格 3 毛南语单音节声调的 HML 标调法表达

声调调类	五度值	HL 标调法	声调调类	五度值	HL 标调法
1	51	HL			
2	241	LHL			
3	431	HML			
4	24	LH	8	24	LH
5	44	H	7	44	H
6	323	MLM			

需要注意的是，以上改写中使用了“强制非恒值原则（OCP, Obligatory Principle）”，这条规则是说，声调特征的音列上不允许有两个相同的特征接续出现，这意味着声调音列的线性结构是由不同的音高特征交替出现而形成的，每个特征可以与一个或多个 TBU 连接。于是，上表中 5 调用 H 表示，6 调用 L 表示，7、8 两个促声调采用相应的标写，同时下加横线进行区分。

在此基础上，我们用 HML 标调法对毛南语的双音节声调组合进行改写，可以得到以下结果，见表格 4：

表格 4 毛南语双音节调位模式的 HML 标调法表达

后 前	1	2	3	4	5	6	7	8
1	HM+HL	HM+LHL	HM+HML	HM+LH	HM+H	HM+MLM	HM+H	HM+LH
2	ML+HL	ML+LHL	ML+HML	ML+LH	ML+H	ML+MLM	ML+H	ML+LH
3	HM+HL	HM+LHL	HM+HML	HM+LH	HM+H	HM+MLM	HM+H	HM+LH
4	LH+HL	LH+LHL	LH+HML	LH+LH	LH+H	LH+MLM	LH+H	LH+LH
5	H+HL	H+LHL	H+HML	H+LH	H+H	H+MLM	H+H	H+LH
6	ML+HL	ML+LHL	ML+HML	ML+LH	ML+H	ML+MLM	ML+H	ML+LH
7	H+HL	H+LHL	H+HML	H+LH	H+H	H+MLM	H+H	H+LH
8	H+HL	H+LHL	H+HML	H+LH	H+H	H+MLM	H+H	H+LH

根据强制非恒值原则（OCP，Obligatory Principle），再对上表进行进一步的归纳整理，可以得到双音节组合的音高特征序列如下表所示，见表 5：

表格 5 毛南语双音节声调的音高特征序列

后 前	1	2	3	4	5	6	7	8
1	HMHL	HMLHL	HMHML	HMLH	HMH	HMLM	HMH	HMLH
2	MLHL	MLHL	MLHML	MLH	MLH	MLML	MLH	MLH
3	HMHL	HMLHL	HMHML	HMLH	HMH	HMLM	HMH	HMLH
4	LHL	LHLHL	LHML	LHLH	LH	LHML	LH	LHLH
5	HL	HLHL	HML	HLH	H	HMLM	H	HLH
6	MHL	MLHL	MLHML	MLH	MLH	MLML	MLH	MLH
7	HL	HLHL	HML	HLH	H	HMLM	H	HLH
8	HL	HLHL	HML	HLH	H	HMLM	H	HLH

5.4 毛南语双音节变调中的降阶（downstep）效应

自主音段音系学在研究非洲声调、日语类声调时发现，一个在 L 调后出现的 H 调，其音高要比前置的 H 调更低，也就是在形如“HLHLH…”这样的音高序列中，位于 L 调后的 H 调都比前置的 H 调低，这就是降阶效应。上一节给出了毛南语双音节组合的音高特征序列，这些序列中存在大量类似“HLHLH…”的音高序列。虽然它们不是绝对同形，例如上表出现了 HMHL、HMLHL、HMH 这样的结构，其中含有 M 调，但和 H 调相比，M 调仍是较低的调，因而理论上它也会对随后的 H 调产生降阶效应。上节表格 5 中带有阴影的部分就是理论上会产生降阶效应的音高特征序列。

观察上表，可以发现这些可能产生降阶效应的音高序列主要集中在 1+X、3+X 和 X+2、X+4、

X+8 这五类组合中（即 1、3 调位于前一音节时，2、4、8 调位于后一音节时）。理论上，如果出现降阶效应，那么这些组合中后一音节声调的最高点应该低于前一声调的最高点。基于这样的假设，我们比较了声学分析实验中获得的这些组合前后音节最高点基频的数据，结果发现这些组合中一部分后一音节基频最大值大于前一音节，这证明了降阶效应确实存在，但也有一些组合是前一音节最高点大于后一音节，这就不支持降阶效应存在的理论了。

下面首先列出存在降阶效应的组合中前后音节基频最大值的对比结果：

表格 6 发生降阶效应的组合

调类组合（音高特征序列）	前一音节基频最大值（Hz）	后一音节基频最大值（Hz）
1+2（HMLHL）	222.23	197.15
1+4（HMLH）	227.85	221.11
1+5（HMH）	243.71	195.29
1+8（HMLH）	261.04	208.01
3+2（HMLHL）	236.13	216.72
3+4（HMLH）	223.07	195.80
3+7（HMH）	231.38	225.88
3+8（HMLH）	245.08	221.34
4+2（LHLHL）	205.56	203.76
5+2（HLHL）	213.90	208.28
7+2（HLHL）	226.89	209.12
4+4（LHLH）	203.93	200.48
5+4（HLH）	222.40	193.58
7+4（HLH）	233.63	224.63
5+8（HLH）	223.68	210.28
7+8（HLH）	188.57	163.92

下表列出了以上五类组合中前一音节基频最大值大于后一音节的数据。这种结果不支持降阶效应的存在。至于造成这种现象的原因，笔者推测是可能和毛南语双音节词的节奏有关。在听感上，本次实验中的双音节词为“轻重模式”，即前一音节较轻较弱，后一音节较重较强，较重的后一音节可能抵消了降阶效应。

表格 7 不发生降阶效应的组合

调类组合（音高特征序列）	前一音节基频最大值（Hz）	后一音节基频最大值（Hz）
1+1（HMHL）	227.34	231.97
1+3（HMHML）	207.90	221.18
1+7（HMH）	206.58	239.12

3+1 (HML)	233.27	235.01
3+3 (HML)	219.33	240.69
3+5 (HML)	213.70	220.02
8+2 (HLHL)	168.60	210.89
8+4 (HLH)	184.68	223.54
4+8 (LHLH)	195.05	205.77
8+8 (HLH)	203.26	206.91

从以上的分析可以看出，毛南语双音节声调中存在降阶效应，但是并不是所有可能产生降阶效应的音高序列都一定产生降阶现象，例外的产生可能与毛南语双音节词的轻重模式有关。

6 总结

本文首先通过声学分析对毛南语的声调系统进行研究，经过归纳，得到毛南语 8 个单音节声调的五度值为：1 调-51，2 调-241，3 调-431，4 调-24，5 调-44，6 调-323，7 调-44，8 调-24。实验揭示了 1 调和 3 调的区别存在声学依据，两个促声调和舒声调形成比较整齐的相配局面。

实验发现毛南语双音节词中存在连读变调现象。具体来说，毛南语双音节中声调的变调规则可以归纳为如下四条：（1）双音节前一音节发生变调，后一音节不发生变调；（2）1 调和 3 调在双音节前一音节时降幅减小，所跨声调音域缩小，调值记为 43；（3）2 调和 6 调在前一音节时变为中降调，调值记为 32；（4）8 调在前一音节时变为平调，调值记为 44，其曲线整体位置略低于 7 调位于前一音节时，但二者有重合。

在通过实验建立毛南语声调系统的基础上，本文利用自主音段音系学关于声调的理论分析了变调现象和声调系统。其中，除了 2 调在双音节前位的变化属于调型整体替换外，浮游调的概念可以较好地解释毛南语双音节中发生的变调现象。此后，本文利用 HML 标调法改写毛南语的声调系统，并对其中可能出现降阶效应的音段序列进行了考察，考察发现这些本该发生降阶效应的音段大部分发生了降阶效应，但也有少部分没有发生，本文推测这种例外可能与毛南语双音节词声调的轻重模式有关。从利用自主音段音系学声调理论对毛南语声调所做的分析来看，这种理论可以较好地解释毛南语双音节中的变调现象，但并不能完全解释变调现象，这说明该理论在处理汉藏语系语言声调问题上还有待完善，这既是对该理论的挑战，更是完善理论的机遇所在。

参考书目

端木三著，王洪君译，2000，《声调总览》，载于北京大学汉语语言学研究网站 <http://ccl.pku.cn/resource.asp?item=1&page=3&expand=22> 4，原文出处：Duammu, San, 2000, Tone: An Overview. in The First Glot International State-of-the-Article Book: The Latest in Linguistics, ed. Lisa Lai-Shen Cheng and Rint Sybesma, 2000: 251-286.

孔江平，2001，《论语言发声》，中央民族大学出版社

梁敏，1984，<毛难语简志>，收录于王均等编著，《壮侗语族语言简志》，1984，民族出版社

石锋，1986，《天津方言双字组声调分析》，《语言研究》，第 1 辑

石锋，1987，《天津方言单字音声调分析》，《语言研究论丛》，第 4 辑

王洪君，1999，《汉语非线性音系学——汉语的音系格局和单字音》，北京大学出版社

吴宗济、林茂灿主编，1989，《实验语音学概要》，高等教育出版社

（杨若晓 中国语言文学系语言学实验室
100871）

听障儿童普通话声调获得研究*

A Study on Tone Learning of Deaf Children in Mandarin

李洪彦 黎明 孔江平

Abstract This paper is concerned with comparative study on tone learning of cochlear implant and hearing aid children in Mandarin. Some conclusions have been drawn by comparing the tone learning between 68 cochlear implant children and 46 hearing aid children: 1) Cochlear implant and hearing aid children show significant differences in the tone learning. In both single syllable tones and diatones, hearing aid group are significantly better than cochlear implant group. 2) The order of the single syllable tones, from easy to difficult, is yīnpíng, qùshēng, shàngshēng, yángpíng. For diatones, the easiest is yīnpíng+yīnpíng, and the most difficult is yángpíng+yángpíng. 3) The main error of two groups is level for the single syllable tones. For the diatones, the error of cochlear implant group is almost yīnpíng+yīnpíng. The hearing aid group is different. The first tone is mainly right, and the error of the second tone is mainly yīnpíng. 4) The results of single syllable tones are significantly correlated with the results of diatones. 5) The tone learning of cochlear implant group is correlated with the tone discrimination. Correlative factors on the tone learning of hearing aid group are final discrimination, initials discrimination, tone discrimination, the level of hearing rehabilitation and the level of speech rehabilitation.

1 引言

1.1 概论

根据世界卫生组织 2005 年的估计, 全球有 2.78 亿人存在中重度听力损伤, 其中的 80% 生活在发展中国家。根据 2006 年第二次全国残疾人抽样调查, 中国现有听力残疾

者 2004 万, 每年新生聋儿近 3 万名。如此数量的听力残疾者, 如何让他们回归到正常社会就成了一项具有抢救性、福利性、社会性的工作。

汉语是一种声调语言, 《现代汉语词典》第五版“音节表”中共有 1336 个音节, 如果不考虑声调, 则只有 409 个, 可见, 声调在普通话音位系统中承担着相当重要的区别意义的功能。声调另一个重要的功能是抗干扰功能, 在噪声、失真等条件下, 声调的清晰度远远高于声母、韵母的清晰度, 因此在提高语言可懂度方面声调有重要作用。语音康复是听障儿童语言康复的基础, 而声调获得则是语音康复的关键步骤。

目前, 补偿聋儿听力的两种主要方式人工耳蜗植入和佩戴助听器在语音感知方面各有优劣。人工耳蜗在中高频信息方面有优势, 但对低频信息感知不敏感, 主要原因在于: 耳蜗不同部分感受的频率是不同的, 蜗底感受的频率较高, 而蜗顶则感受较低频率, 经由手术植入耳蜗的电极, 很难达到负责感知低频信息的蜗顶。同时, 这也受制于残余听神经元(即螺旋神经节细胞)的数量多少。内耳疾患引起毛细胞病变的同时, 支配毛细胞的听神经末梢或神经元胞体多多少少会蜕变, 甚至死亡。而人工耳蜗需要听神经元的存在才能发挥作用。虽然至今我们并不知道需要多少听神经元的存在才能确保人工耳蜗达到一定的言语识别效果, 但按常理推论, 听神经元的功能存在数量越多, 人工耳蜗的效果越好。大量的颞骨病理学研究表明, 听神经元在各种内耳病变之后的残存率变异极大, 多至正常的 70% 左右, 少至正常的 10%。因此, 这一不确定因素导致部分人工耳蜗效果比较差。另外, 人工耳蜗的

*本项研究由北京大学 985 子项目(汉语普通话多模态研究)资助。同时, 本研究得到中国聋儿康复中心的大力支持, 特此致谢。

编码机制也不利于基频的感知,郑振宇等(2004)认为人工耳蜗装置对声音进行处理时,可以实时改变电刺激的强度,并对语音中较大的频率变化做出响应,改变其输出电刺激的刺激通道;但对于包含基频频率变化模式信息的300Hz以下频带,仅能压缩为一个通道进行处理,不能体现基频的变化模式。因此,本文在研究植入人工耳蜗儿童声调获得相关因素时,提取了电极长度、电极直曲、编码方案三个参量进行分析,试图找出声调获得好坏的相关因素。

助听器的优势在于可提供听障者丰富的中低频信息。大部分听障孩子在低频处尚有一些残余的听力,藉由配戴助听器后仍可接收大量低频信息。因此理论上助听器儿童比人工耳蜗儿童在声调感知方面更有优势。

1.2 相关研究

由于人工耳蜗植入大规模开展只是近20年的事情,所以植入后语音获得相关研究也是起步不久。由于样本量、方法等的差异,各家的观点不尽相同。

人工耳蜗和助听器的比较研究方面:魏朝刚等(2000)认为,在整体言语识别方面,听力损失都为极度聋的情况下,耳蜗植入儿童明显优于助听器儿童。而单独声调识别方面, Lee Kathy Y.S.等(2002)认为,无论是裸耳还是补偿后,人工耳蜗植入和助听器儿童都没有表现出统计意义的差异。

人工耳蜗植入儿童的声调获得方面: Barry J.G.等(2002)认为耳蜗植入儿童能够得到足够多的音高信息来区别几乎全部的声调对照组,即使是比较低的基频变化也能反映出来。而 Xu L.等(2004)则认为耳蜗儿童发出的调型大部分趋平,其他调型不规则。原因是耳蜗电极刺激所承载的音高信息量太少。Peng S.C.等(2004)的结论是声调获得正确率为53%,识别正确率为73%,大部分语前聋耳蜗儿童没有获得普通话声调。

不同调类的获得情况:陈三定等(1996)认为聋童声调获得的顺序由易到难是阴平、去声、上声、阳平,偏误类型为调值不到位,升降调较多。魏朝刚等(1999)的结论基本同上,平均正确识别率由高到低分别为阴平

75.3%、去声75.2%、上声61.3%、阳平50.3%。刺激为阴平时,偏误反应主要表现为阳平和上声;刺激为阳平时,偏误反应表现为阴平和上声为多;刺激为上声时,偏误反应为阳平较多;刺激为去声时,偏误反应以阴平较多。总体误判为阴平最多,阳平和上声间容易混淆。但是 Barry J.G.等(2000)对耳蜗儿童获得广东话声调顺序的研究结论是先高平后高升再低降。

声调获得相关因素方面: Peng S.C.等(2004)认为好的获得率相关于好的识别率,获得率和识别率与植入时的年龄和植入时间的长短有关。Lee Kathy Y.S.等(2000)认为听障儿童声调获得相关因素有:年龄,语训时间,佩戴助听器时间和植入耳蜗时间, Lee Kathy Y.S.等(2003)认为与广东话声调感知相关的因素有:对被试词语的熟悉程度,被试词语的使用频率,年龄,词汇量,母语背景。和设备本身相关的因素有: Wei C.G.等(2004)认为电极的速率变化和声调识别率相关性最高。频谱和时长对声调识别也有贡献。刘敏(2005)认为声调识别也可能与植入电极、耳蜗内环境的相容性和工作的稳定性有关,儿童需有6个月的时间达到最大舒适阈值的稳定。

1.3 本文研究意义

从1.2的分析可以看出,以前的研究在人工耳蜗和助听器获得声调的比较方面没有统一的结论。在人工耳蜗植入儿童声调获得效果方面也存在分歧。不同调类的获得情况,普通话普遍认为是阴平、去声、上声、阳平的顺序,调型上即为高平、高降、降升和高升,而广东话则是高平、高升再低降的顺序。在声调获得相关因素方面,各家观点不同,综合起来,声调获得和声调识别相关,而与这两者相关的因素有:植入时年龄、植入时间长短、语训时间、佩戴助听器时间、当前年龄、对被试词语的熟悉程度、被试词语的使用频率、被试儿童词汇量、母语背景。本文将对以上各家观点进行验证。

另外,所有的研究都停留在单字调的基础上,对双音节声调没有涉及。双音节声调研究在声调研究中是十分重要的。双音节声调以词为基础,既是对字调进行的音高调

节，也是组成语调的基本单元。本文将对听障儿童的双音节声调获得进行研究。

综上所述，本文将对以下几个方面进行探讨：人工耳蜗和助听器在声调获得方面究竟孰优孰劣，差别在哪里，具体表现如何；单字调四个调类的获得难易如何，获得的难点在哪里，主要偏误又是什么；双音节声调各种组合的难易程度如何；单字调获得和双音节声调获得的相关性如何；声调获得的相关因素都有哪些。希望这些讨论能够应用到教学中，并能对听障儿童的声调获得有所帮助。

2 实验说明

2.1 被试选择

从中国聋儿康复研究中心和北京市聋儿康复研究中心选取全部可以录音的听障儿童 114 人，其中人工耳蜗植入儿童 68 人，助听器儿童 46 人。耳蜗儿童中男 38 人，女 30 人，年龄从 1.8 岁到 8.9 岁，平均年龄为 4.7 岁。助听器儿童中男 28 人，女 18 人，年龄从 2.8 岁到 6.9 岁，平均年龄 4.6 岁。一些按年龄统计基频的实验表明，处在幼儿阶段（年龄 $<8\pm2$ ）的男女声基频基本没有差别，因此本文不作性别上的区别。所有听障儿童都是语前聋，方言背景虽然比较复杂，有的来自不同方言区，但他们大部分的生活时间和康复时间都在研究中心，可以认为都是普通话背景。

2.2 实验材料

单字调类为 4 个，算上轻声，则双音节调类组合有 $4\times5=20$ 个，一共 24 个调类，每个调类选两个词，则一共有 48 个词（发音词表见附录表 1）。所选词都是聋儿生活中使用频率比较高的物质名词，配以图画卡片，每个词读两遍。

2.3 实验方法

录音采用指向性麦克风在安静封闭室内完成，录音软件为 Adobe Audition 1.5。录音方式为作者指着卡片领读，被试看着卡片跟读。切音后由三名受过听音记音训练的中文系学生对被试语音的声调进行听辨记录，不管声韵，只记声调。然后对记录结果进行整合，如果只有两人一致，以两人相同结果为准，如果三人结果都不一致，由作者

再反复听辨确定最终结果。听辨的最终结果和正确答案对比，统计每一个人、每一个调类的正确、偏误率和偏误类型。收集被试各种个人信息。用 excel、SPSS 13.0 进行统计分析。

3 实验结果分析

3.1 单字调

把单字调正确样本数除以单字调总样本数 16 再乘 100 得到每个人单字调的百分制得分。由于助听器组和人工耳蜗组人数不同，不便于比较，我们把成绩排序后，对人数进行归一化处理，使之位于 0—1 之间，只是每个数据之间的距离不同，然后放在同一个二维坐标轴上进行比较，为了更直观，再根据这些数据拟合出一条二项式曲线，如图 1：

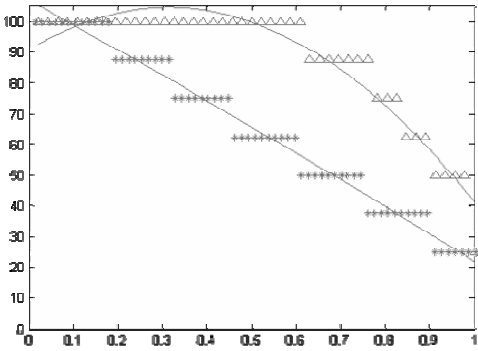


图 1 人工耳蜗组和助听器组单字调成绩对比

“*”代表人工耳蜗组，“△”代表助听器组。由上图可以看出，助听器组单字调获得明显优于人工耳蜗组。助听器组得满分的占 $2/3$ ，曲线然后开始陡降，而人工耳蜗儿童的成绩曲线基本保持同一斜率，成绩在 60 分以上和以下的各占一半。为进一步说明这个问题，对人工耳蜗组和助听器组的单字调得分进行均值标准差统计分析(表 1)和单因素方差分析(表 2)：

表1：人工耳蜗组和助听器组单字调成绩统计

	均值	样本量	标准差
人工耳蜗	63.11	68	24.00
助听器	88.04	46	18.79

表2 两种补偿方式单字调成绩单因素方差分析

ANOVA

声调成绩

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.777	1	0.777	29.607	.000
Within Groups	1.854	112	0.0165		
Total	2.632	113			

结果： $S=0.000<0.01$ ，差异极其显著，两种补偿方式对单声调成绩的作用明显不同。再对4个调类的正确率和偏误率进行统计（表3）：

表3：单字调4个调类出现率

目标调类	实发调类	人工耳蜗数量	出现率（%）	助听器数量	出现率（%）
1调 阴平	1调	117	95.9	88	95.7
	2调	0	0.0	1	1.1
	3调	1	0.8	0	0.0
	4调	4	3.3	3	3.3
2调 阳平	2调	38	31.1	68	73.9
	1调	73	59.8	17	18.5
	3调	6	4.9	3	3.3
	4调	5	4.1	4	4.3
3调 上声	3调	68	55.7	79	85.9
	1调	51	41.8	10	10.9
	2调	1	0.8	3	3.3
	4调	2	1.6	0	0.0
4调 去声	4调	85	69.7	89	96.7
	1调	36	29.5	3	3.3
	2调	0	0.0	0	0.0
	3调	1	0.8	0	0.0

目标调类与实发调类一致的即为正确，这样，根据调类正确率得到人工耳蜗组获得4个声调的顺序由易到难为：阴平、去声、上声、阳平。助听器组获得4个声调的顺序由易到难为：去声、阴平、上声、阳平，但是阴平和去声只有一例之差，有可能是偶然因素，因此去声和阴平的顺序之差可以不予考虑。通过比较数据可以看出，二者对阴平的获得基本相同，不同的是助听器组获得去声、阳平、上声都优于人工耳蜗组。

偏误类型方面，每个调类的主要偏误类型二者基本无差。阴平偏误为去声最多，阳平、上声、去声都是偏误为阴平最多，但是

偏误程度人工耳蜗组高于助听器组。总体上，人工耳蜗组读阴平的比率远远高于助听器组，读阳平的比率远远低于助听器组，人工耳蜗组在所有例词中实发阴平的占56.8%，实发阳平的占8.0%，而助听器组实发阴平的是32.1%，实发阳平的是20.0%。

3.2 双音节声调

按照和单字调相同的方法，得到人工耳蜗组和助听器组双音节声调成绩，如图2：

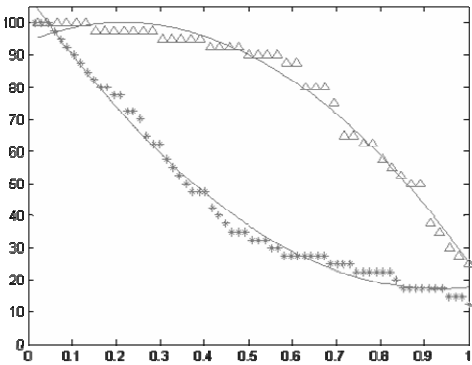


图2 人工耳蜗组和助听器组双音节成绩对比

和单字调一样，助听器组的双音节声调成绩明显优于人工耳蜗组。但是和单字调不同的是，助听器组中成绩在85分以上的占了2/3，然后开始陡降，而2/3的人工耳蜗组成绩在50分以下，人工耳蜗儿童对双字调的获得总体水平更差了。对人工耳蜗组和助听器组的双音节声调得分进行统计分析(表4)和单因素方差分析(表5)：

表4：人工耳蜗组和助听器组双音节成绩统计

	均值	样本量	标准差
人工耳蜗	46.11	68	26.32
助听器	80.84	46	21.40

表5：两种补偿方式双音节声调单因素方差分析

ANOVA

声调成绩

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	04.654	1	04.654	49.172	.000
Within Groups	27.004	112	0.241		
Total	31.658	113			

结果： $S=0.000<0.01$ ，差异极其显著，两种补偿方式对双音节声调成绩的作用明显不同。然后对20个双音节调位的正确率进行统计：

表 6：人工耳蜗和助听器双音节声调统计

一	二	三	四	五	六	七
1+1	81	97	1+4:8/4+1:8	1+4:2	34	8
1+2	33	82	1+1:53	1+1:10	4	6
1+3	39	79	1+1:48	1+1:10	4	5
1+4	57	91	1+1:31	4+1:2	8	6
1+5	43	86	1+1:43	1+1:9	4	5
2+1	39	83	1+1:46	1+1:4	6	6
2+2	16	58	1+1:39	1+2:21	1	3
2+3	35	72	1+1:28	1+3:9	2	3
2+4	42	84	2+1:17	4+1:3	3	6
2+5	23	58	2+1:21	2+4:25	1	3
3+1	54	91	1+1:31	2+1:3	5	6
3+2	37	68	1+1:25	3+1:11	2	4
3+3	23	67	1+1:30	1+3:8	2	3
3+4	35	75	1+1:31	3+1:13	2	4
3+5	31	77	1+1:32	3+1:9	2	4
4+1	66	93	1+1:27	3+1:2	11	8
4+2	30	75	1+1:35	4+1:13	2	4
4+3	46	80	4+1:28	4+1:9	3	5
4+4	51	80	1+1:16	4+1:10	3	5
4+5	44	92	1+1:21	4+1:5	3	5

由于空间所限，标题栏中用大写数字来代表：“一”代表调类组合，“二”代表人工耳蜗的正确率，单位是%，后同，“三”代表助听器的正确率，“四”代表人工耳蜗的主要偏误类型和所占比例，“五”代表助听器的主要偏误类型和比例，“六”代表人工耳蜗在所有样本中实发这个调类的比例，“七”代表助听器的实发比例。

由上表可以看出，在每一个调类组合上，助听器组的正确率都显著高于人工耳蜗组。人工耳蜗组获得 20 个双音节声调组合的顺序由易到难（即正确率由高到低）分别为：阴平+阴平、去声+阴平、阴平+去声、上声+阴平、去声+去声、去声+上声、去声+轻声、阴平+轻声、阳平+去声、阴平+上声、阳平+阴平、上声+阳平、阳平+上声、上声+

去声、阴平+阳平、上声+轻声、去声+阳平、阳平+轻声、上声+上声、阳平+阳平。而助听器组获得的顺序由易到难分别为：阴平+阴平、去声+阴平、去声+轻声、阴平+去声、上声+阴平、阴平+轻声、阳平+去声、阳平+阴平、阴平+阳平、去声+去声、去声+上声、阴平+上声、上声+轻声、上声+去声、去声+阳平、阳平+上声、上声+阳平、上声+上声、阳平+轻声、阳平+阳平。二者基本一致，只是有几个组合排序上略有差别。总体看来，阴平+阴平最容易，阳平+阳平最难，涉及到阴平和去声的容易些，涉及到上声和阳平的难些。

主要偏误类型方面，人工耳蜗组除了少数几组，基本都偏误为阴平+阴平，而助听器组则各个调类都有，一般后字偏误多为阴平，前字多为正确调值。

实发调类是指实际发的每组调类在所有样本中所占的比例，理论上最正确的应该是每组调类的比例都是 5%，因为一共有 20 个双音节调类。人工耳蜗组发阴平+阴平的最多，在所有样本中占 34%，远远高于平均机会水平的 5%，发去声+阴平的占 11%，发阳平+阳平和阳平+轻声的最少，只有 1%。助听器组则各个调类差别不大，都在平均机会水平上下，只有阴平+阴平和去声+阴平达到了 8%。

3.3 声调获得综合比较分析

综合单字调和双音节声调成绩，得到人工耳蜗和助听器的声调成绩对比如图 3：

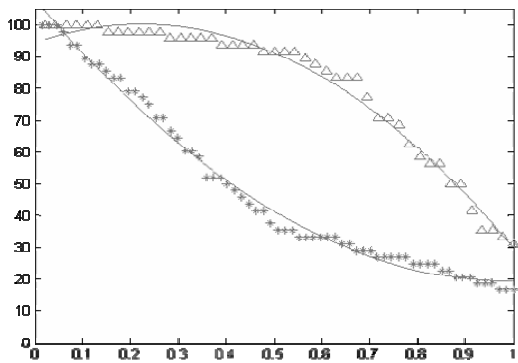


图 3 人工耳蜗组和助听器组综合成绩对比

可见，综合的声调成绩和双音节声调成绩基本无差，助听器组成绩好的占多半，人

工耳蜗组成绩差的占多半。综合看来，助听器组儿童的声调获得明显优于人工耳蜗组。

3.4 单字调与双音节声调的关系

分别对人工耳蜗组和助听器组的单字调成绩与双音节声调成绩进行相关性分析：

表7：人工耳蜗单字调和双音节相关分析

Correlations		
	单音节	双音节
单音节 Pearson Correlation	1	.848**
Sig. (2-tailed)		.000
N	68	68
双音节 Pearson Correlation	.848**	1
Sig. (2-tailed)	.000	
N	68	68

**Correlation is significant at the 0.01 level

表8：助听器单字调和双音节相关分析

Correlations		
	单音节	双音节
单音节 Pearson Correlation	1	.766**
Sig. (2-tailed)		.000
N	46	46
双音节 Pearson Correlation	.766**	1
Sig. (2-tailed)	.000	
N	46	46

**Correlation is significant at the 0.01 level

结果：相关系数分别为0.848和0.766，而不相关的概率几乎为0，因此单字调成绩与双音节声调成绩显著相关。人工耳蜗组和助听器组都是如此，说明，如果单字调获得情况比较好，双音节声调获得情况也会好。这也符合我们一般的心里预期。

3.5 声调获得相关因素分析

综合考虑各种因素，把有可能和声调成绩相关的各种因素与成绩进行相关分析，得到表 9：

表9：与声调成绩相关因素统计分析

	人工耳蜗组			助听器组		
	r.	Sig.	N.	r.	Sig.	N.
年龄	-0.11	0.416	68	.40**	0.005	46
确诊时间	-0.13	0.368	52	-0.01	0.952	35
耳蜗开机时间	0.30	0.106	37	——	——	—
耳蜗康复时间	0.20	0.123	62	——	——	—
全部康复时间	0.14	0.305	62	0.07	0.642	42
裸耳听力	-0.07	0.654	50	-0.27	0.092	39
补偿后听力	0.37	0.174	15	-0.18	0.311	33
韵母识别	0.27	0.418	11	.74**	0	22
声母识别	0.34	0.3	11	.83**	0	23
声调识别	0.60	0.283	5	.65**	0.001	21
听觉康复级别	0	1	11	.86**	0	23
语言康复级别	0.47	0.108	13	.78**	0	22
电极植入长度	-0.24	0.426	13	——	——	—
电极曲直	-0.07	0.819	13	——	——	—
言语编码方案	0.44	0.130	13	——	——	—

由上表可见，人工耳蜗组声调获得成绩与声调识别的相关系数是 0.60，但是S=0.283, 置信度没有达到显著水平，理论上，声调识别和声调获得成绩应该是显著相关的，这里的置信度比较低，可能是由于样本量太少的缘故。由于收集资料的困难，只得到五个有声调识别成绩的样本，还需要加大样本量进一步验证。声调获得成绩和其他因素相关度不大，这应该是因为声调获得对人工耳蜗儿童是一个难点，受制于硬件条件的限制，对声调的感知不敏感，因此获得也就比较差，其他因素的作用不是很大。和电极植入长度、电极直曲、言语编码方案的相关度辜负了我们的预期，也没有达到有相关意义的标准，证明是不相关的。但是这里需要说明的是，由于收集资料上的困难，只得到了其中 13 个孩子的人工耳蜗型号，样本量上不够多，因此如果有条件的话可以用更大的样本量来进行分析，也许会得出不一样的结论。

助听器组的声调成绩与韵母识别、声母识别、声调识别、听觉康复级别、语言康复级别都显著相关。识别得越好，整体康复效果越好，声调获得也就越好。而与年龄、确

诊时间、康复时间、裸耳听力和补偿听力的相关不显著。早发现、早治疗、早康复已经是听障儿童语言康复学界的共识,因此理应确诊时间越早、康复时间越长、裸耳听力和补偿听力越好,声调获得成绩越高,本文之所以得出相关不显著的结论,应该是因为对助听器儿童而言,声调获得不是难点,在测试之时,被试的补偿听力和康复时间都已达到一定程度,对声调获得结果已不再产生影响。

4 小结与讨论

4.1 小结

综上所述,植入人工耳蜗儿童和佩戴助听器儿童在声调获得方面表现出显著性差异。无论是单字调还是双音节声调,助听器组都显著优于人工耳蜗组。

在获得声调的顺序方面,二者基本无差,单字调由易到难为阴平、去声、上声、阳平(助听器组阴平和去声无差),双音节声调获得,阴平+阴平最容易,阴平+阳平最难,涉及到阴平和去声的容易些,涉及到上声和阳平的难些。

偏误类型方面,单字调除了阴平的偏误调类主要为去声外,其他调类都主要偏误为阴平,只是人工耳蜗组偏误为阴平的比率远远高于助听器组;双音节声调人工耳蜗组除了少数几组,基本都偏误为阴平+阴平,而助听器组则各个调类都有,一般后字偏误多为阴平,前字多为正确调值。

单字调成绩和双音节声调成绩显著相关,单字调成绩越好,双音节声调成绩则越好。

和声调获得相关的因素分析,人工耳蜗组的声调成绩与声母识别相关。助听器组的声调成绩与韵母识别、声母识别、声调识别、听觉康复级别、语言康复级别都显著相关。

4.2 讨论

阴平和去声获得的情况要普遍好于阳平和上声。这里面的原因主要可以从两方面来讨论:一个可能的原因是高平调和高降调本身就是比较容易发的调,在所有声调语言中高平调和高降调都是最普遍的,汉语方言中高平调和高降调也是最多的,属于无标记的调类,这是人类语言长期自然选择的结

果;另一个可能的原因是教学方法上的导向,无论是家长还是语训老师教听障儿童发音时总是要求孩子声音要大一些,并且要及时能够反馈,这容易造成孩子的声带紧张,一直在准备发音,所以一开始音高就会起点很高,因此发高平和高降比较容易,而起点比较低的阳平和上声就比较困难,声带的紧张降不下来。

人工耳蜗组声调获得虽然总体上不如助听器组,但也有少部分儿童的成绩特别优秀,在人工耳蜗获得声调机制基本相同的情况下,他们获得优秀的原因是我们要努力探究的,以便将来对人工耳蜗获得声调情况进行改进。人工耳蜗植入儿童声调获得情况良好的原因可以是硬件方面的也可以是软件方面的。硬件方面比如说人工耳蜗对声调的识别不只可以通过基频的变化来反应,也可以通过其他因素,比如振幅、共振峰等。郑振宇等(2004)即认为人工耳蜗使用者获得声调识别的机制,只可能与泛音的变化有关。从理论上讲,声调信息也可以广泛地分布于音节各共振峰中。泛音在响应基频的变化时,有可能引起装置刺激通道的改变。为植入者提供语音的频率变化信息,从而体现声调的变化模式,使植入者有可能获得声调变化感。所以,有必要进一步深入探讨声调识别与泛音变化模式的关系。软件方面,比如语训教师的有针对性的教学方法,通过强化、形象化等各种方法来让植入人工耳蜗感受到声调的变化,语训时不要起音过高造成声带紧张等等。

人工耳蜗儿童的声调获得情况不是能由简单的条件决定的。要受到很多方面的制约,比如耳蜗内听神经节的残余部位和数量、手术是否成功把电极插到蜗顶、编码方案是否有利于识别声调、语训情况、智力水平和心理健康状态等等,只有各个方面都做好了,才有可能实现声调的真正获得。随着社会的进步和科技的发展,人工耳蜗技术一定会越来越先进,专门用于汉语的人工耳蜗和数字助听器都正在不断研究和推出中,相信不久的将来这些有听力障碍的孩子们一定会获得更好的设备和技术从而获得正常的声调和语音,我企盼这一天早日到来。

参考书目

- 1 陈三定 徐昌洪等 1996 《汉族聋童语音发展的规律和康复对策研究》，《中国康复》，第2期。
- 2 刘敏 苏振忠等 2005 《人工耳蜗植入手术和效果评估的研究进展》，《中国听力语言康复科学杂志》，第1期。
- 3 魏朝刚 曹克利等 1999 《多通道人工耳蜗使用者电刺激速率辨别与声调识别的关系》，《中华耳鼻咽喉科杂志》，第2期。
- 4 —— 2000 《儿童人工耳蜗植入者的言语识别》，《临床耳鼻咽喉科杂志》，第1期。
- 5 郑振宇 曹克利等 2004 《语后聋 Nucleus 人工耳蜗使用者的声调识别》，《中国听力语言康复科学杂志》，第1期。
- 6 Barry JG, Blamey PJ, et al. 2000. Differentiation in tone production in Cantonese-speaking hearing-impaired children. the 6th International Conference on Spoken Language Processing, Beijing.
- 7 —— 2002. Tone discrimination in Cantonese-speaking children using a cochlear implant. Clinical Linguistics and Phonetics, 16 (2).
- 8 Lee, Kathy YS, van Hasselt CA, et al. 2000. Cantonese tone perception ability of cochlear implant children in comparison with normal-hearing children. International Journal of Pediatric Otolaryngology, 63 (2).
- 9 —— 2002. Benefit of using hearing devices in tone perception of hearing-impaired children. the 8th International Congress of Paediatric Otorhinolaryngology, Oxford, U.K.
- 10 —— 2003. Factors contributing to tone perception performance: implications for designing paediatric assessment instruments. the 4th Congress of Asia Pacific Symposium on Cochlear Implant and Related Sciences, 台北.
- 11 Peng SC, Tomblin JB, et al. 2004. Perception

and production of mandarin tones in prelingually deaf children with cochlear implants. Ear Hear. 25(3).

12 Wei CG, Kell C, Zeng FG. 2004. Mandarin tone recognition in cochlear-implant subjects. Hearing research, 197 (1).

13 Xu L, Li Y, et al. 2004. Tone production in Mandarin-speaking children with cochlear implants: a preliminary study. Acta Otolaryngol, 124 (4).

(李洪彦 孔江平 中国语言文学系语言学
实验室

黎明 中国聋儿康复研究中心)

汉语普通话塞音的声学研究

A Phonetic Study on Plosives of Mandarin Chinese

尹基德

Abstract The system of Chinese plosives is relatively simple, showing the contrast between the aspirated and the unaspirated. Also, there is little interaction between the syllables, which means that the variants of the plosives are little observed in Mandarin Chinese. Many Korean students, nevertheless, have some problems with natural pronunciation of Chinese plosives. It is natural that the different phonology system between two languages is the main reason of these interventions. But the problem is that the description of phonology system is not enough to help foreign students' natural Chinese acquisition. Here, the aim of this paper is the phonetic experiment on Chinese plosives and discussion of the differences which could result in every possible intervention in the point of Korean students' view.

It is known that the F0 plays a big role in discriminating Korean 3 plosives, Lenis, Aspirated and Fortis. Then, we can assume that, as for Korean students, 4 tones might well influence their recognition and pronunciation of Mandarin Chinese plosives. Actually, it is reported that a number of Korean students have trouble not only in discriminating between the aspirated and the unaspirated, but in producing them, especially under the circumstances varying from high(1,4 tone) and low(2,3 tone) tones.

So it is rather meaningful, at least for the Korean students, to examine the relationship between VOT which is the main parameter for the aspiration, and F0 which is varying from 4 tones in Mandarin Chinese.

The experiment has findings below. First, for the unaspirated plosives, VOT has little relationship with F0,

showing 1.3% difference. But, for the aspirated plosives, VOT shows 20% increase according to different height of F0, which means that 4 tones has significant influence on the aspiration of aspirated plosives. All these findings are consistent with those from other languages and with the description of phonology system. It is natural assumption, then, that the pronunciation trouble of Korean students is mainly caused by the unique plosive system of Korean, which is not offered in this paper. So, the subject treated in this paper deserves a further study with more extended and actual data from Korean students.

1. 引言

1. 1 塞音VOT和F0的关系

1) VOT(Voice Onset Time)

VOT 主要是指塞音除阻和声带震动之间的时间，能比较明确地说明塞音的清浊和送气的情况。各个语言的塞音具有独特的VOT特征，在汉语普通话里主要指是送气不送气的对立。

2) Vowel F0

Lisker & Abramson(1967) 在英语塞音研究中，发现重音的音节上塞音的 VOT 比较长，反而不受重音的弱音节里比较短了。这意味着音节的音高可能作用为塞音的一个重要参数。以后的研究也发现韩语和日语的塞音受音高的影响。(Kim 2004, 片桐 2004)

1. 2 研究简介

汉语普通话的塞音是比较简单的音段系统。

清音（没有浊塞音）	
送气 (Aspirated)	不送气 (Unaspirated)
/p ^h / (p)	/p/ (b)
/t ^h / (t)	/t/ (d)
/k ^h / (k)	/k/ (g)

表 0) 汉语塞音系统

清音（没有浊塞音）		
送气		不送气
平音 (Lenis)	激音 (Aspirated)	硬音 (Fortis)
/b/ (ㅂ)	/p ^h / (ㅃ)	/p/ (ㅁ)
/d/ (ㄷ)	/t ^h / (ㅌ)	/t/ (ㄴ)
/g/ (ㄱ)	/k ^h / (ㅋ)	/k/ (ㅇ)

表 2) 韩语塞音系统

既然音系学上的系统非常整齐，很多韩国学生在正确的发音习得方面仍然有一些困难。当然，外国学生的所有发音偏误的主要原因是母语的干涉。为了解决这样的困难，已经有一段程度的音系体系对比研究运用在教学方面。可是，按照音系体系上的研究不够描述正确的发音。比如说，韩国学生把阳平和上声的不送气塞音发成若干的送气音。这是按照韩语塞音体系上的表现来学习汉语发音的习惯起因的。因此，我们要运用声学分析来观察两个语言之间的塞音表现的特征，以后可以助于对比研究。

本次实验主要观察汉语塞音的 VOT和 F0然后讨论两者之间的关系。这是以后对比研究的一个初步研究。

2. 实验材料和发音人

为了实验选了24个例词，6个塞音声母/p^h, p, t^h, t, k^h, k/和4个声调的组合，可以

得到24种组合。

	发音	声调	例词
1	/p ^h / (p)	1	‘攀登’
2		2	‘爬山’
3		3	‘跑步’
4		4	‘怕丑’
5	/p/ (b)	1	‘扒皮’
6		2	‘拔牙’
7		3	‘把握’
8		4	‘半年’
9	/t ^h / (t)	1	‘他们’
10		2	‘谈论’
11		3	‘坦白’
12		4	‘探索’
13	/t/ (d)	1	‘搭车’
14		2	‘达到’
15		3	‘打门’
16		4	‘大哥’
17	/k ^h / (k)	1	‘咖啡’
18		2	‘扛包’
19		3	‘卡车’
20		4	‘看法’
21	/k/ (g)	1	‘干杯’
22		2	‘感染’
23		3	‘感动’
24		4	‘干活’

表 3) 词表

本文所讨论的录音材料是北京出生的四位发音人的发音获得的，四位发音人包括两男两女。

识别记号	出生地	居住地	性别	年龄
f1_d1f	北京	北京	女	20代

f2_hyx	北京	北京	女	20代
m1_zhxb	北京	北京	男	20代
m2_dzz	北京	北京	男	20代

表 4) 发音人

3. 实验方法

3. 1 取得VOT的方法

本次实验使用的录音软件是Adobe Audition 1.5。双声道中左声道录声音信号，右声道录EGG信号了。采样频率是11025Hz。声学分析软件是matlab 7.0，北京大学中文系语言学实验室编写的程序phoneticslab.m。

采取 VOT的方法是，首先标记在语图上的冲直条和 EGG信号上的启动声带震动的地方，然后取两个标记之间的距离算VOT。

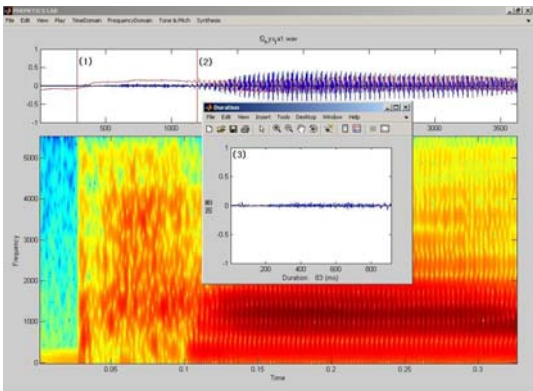


图 1) 汉语塞音 /p^ha/ 的 VOT。冲直条（release burst）(1) 到laryngograph上声带颤动开始地点（2）之间的距离 = VOT (3)

3. 2 取得F0的方法

测试 F0方法采用 cepstrum方式。在 EGG信号上的声带震动地点标记开始测试。

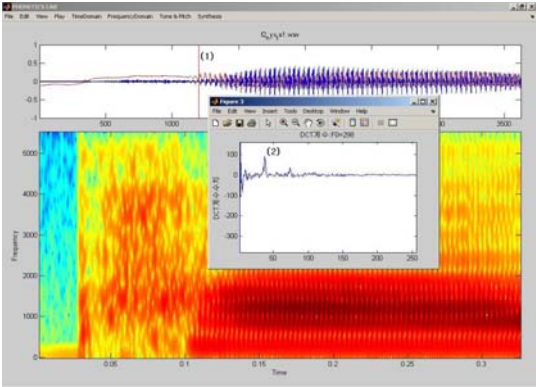


图 2) 汉语塞音 /p^ha/ 的元音 F0。通过cepstrum方式来计算声带颤动开始地点(1)的 F0

4. 实验结果分析与讨论

上面所采取的数值用Excel软件来整理，做出简单的统计处理。其实，本次试验并不复杂而其信息量也不多，Excel软件提供的基本统计处理功能能够解释试验结果的意义。首先，不送气塞音的 VOT值在4个声调的环境下表现如下。

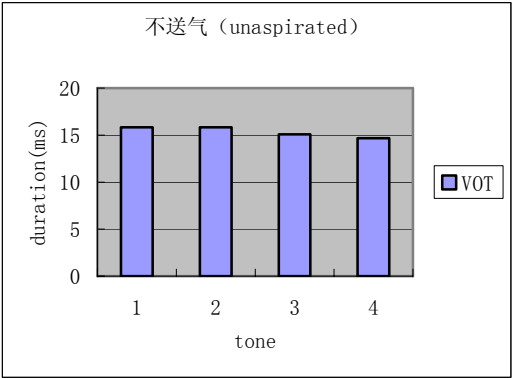


图 3) 汉语不送气塞音的 VOT
低声调（第2调和3调）音节的 VOT平均为30.92ms，跟高声调（第1调和4调）音节的平均30.50ms比起来，约1.3%增加，两者之间的差异几乎没有。
送气塞音的表现跟不送气塞音不一样。

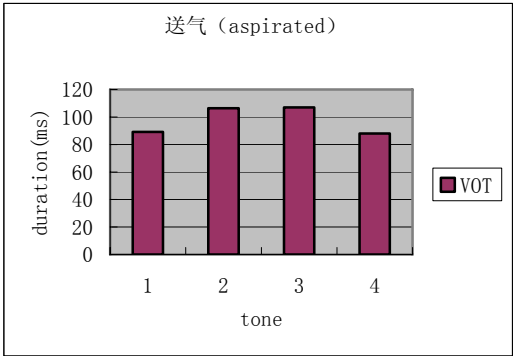


图 3) 汉语送气塞音的 VOT

低声调（第2调和3调）平均是213.25ms，高声调（第1调和4调）平均是177.17ms。我们留意达到约20%的比较明显的增幅。这意味着，跟其他语言中的塞音一样，送气塞音 VOT的确受到韵母音高的影响，其表现就是反比例。

5. 结论

本次实验得到的结果跟其他语言的研究结果比，没有特别的表现。F0对不送气塞音 VOT的影响几乎没有，而送气塞音的 VOT的确受音高的影响。本次实验是一个初步研究，以后更多的资料和更深入的统计分析来进行对比研究，在教学方面的贡献不少。

参考书目

林焘、王理嘉，1992，《语音学教程》，北京大学出版社。

Kim, 2004, Correlation between VOT and F0 in the perception of Korean stops and affricates, MA thesis, Dept. of Linguistics, Seoul National University

汉日音域高低幅度的对比研究

A Comparative Study on pitch range between Chinese and Japanese

吉永郁代

Abstract This study compares speaking pitch range between Chinese¹ and Japanese². Chinese is a tone language with 4 tones which are explained in 5 high-low level description. On the other hand, Japanese is a pitch language with high-low 2 levels. Pitch range between Chinese and Japanese of Chinese-Japanese bilinguals are discussed here.

key words pitch range, bilingual, F0, tone language, pitch language

1. 引言

从韵律的角度来讲汉语是声调语言，而日语是高低重音语言。两种语言的音高变化有词与词之间的辨别作用。在本文要讨论的是汉日两种语言在音域幅度有怎样的差别。

2. 汉日韵律特征

下面简单地介绍一下汉语和日语的韵律特征。下面介绍的韵律特征是对词与词之间有辨别作用的特征。

2.1. 汉语声调

汉语的声调是在一个音节内出现的音高升降曲直的变化。用音高的变化来区别意义的作用是声调的本质特征。音高的变化形式和升降幅度构成调值的相对音高。调类有四种³：阴平，阳平，上声，去声。用五度标记法来标记各个声调形式，是 55, 35, 214,

51。

例子 1) mā 妈
má 麻
mǎ 马
mà 骂

2.2. 日语音高重音

日语的音高重音不是在一个音节内出现的音高升降，一般来说是在两个摩拉之间的音高变化，其变化是高低两个层次的相对音高。几个词做一个复合词或者更大的一块儿时往往发生变调，失去原来的重音，词的重音受到前后音的影响发生变调。因为一个词或者一个块儿的词内最多有一个重音不能够有两个以上的重音核⁴。

例子 2) a-me H⁵L⁶ 雨
a-me LH 糖
a-me + ka-sa
H L H L
→ a-ma-ga-sa 雨伞
→ L H H L
a-me + ta-ma
L H + L H
→ a-me-da-ma 糖玉
→ L H H H

3. 实验

3.1. 语料

汉语声调具有五个层次的相对音高。日语音高重音具有两个层次的相对音高。汉语

¹ 普通话

² 东京方言

³ 本文不谈轻声

⁴ 重音核：音高下降的核

⁵ H; High 高

⁶ L; Low 低

的音高变化在一个音节内实现的。日语音高重音在两个摩拉之间实现的。一般来说，汉字一个字即一个音节有一个调，日语的一个摩拉不能够有个重音，最少也需要两个摩拉才能够有重音。因为实现声调的最少单位是一个音节，实现高低重音的最少单位是两个摩拉，为了汉语和日语的音高幅度的对比研究，采用了单音节和双音节的汉语词，两个摩拉和四个摩拉的日语词。即对比汉语的单音节词和日语的两个摩拉词，另外对比汉语的双音节词和日语的四个摩拉词。本文不考虑一个词中每个音节的相对轻重关系，所以采用的词大部分限定为地名。本文观察的是汉语词和日语词的音域高低幅度的对比，以肯定语调为主。下面是本文采用的词表。每个发音者把每个词读两次。

〈词表〉

	汉语		日语	
单音节	1声	猫	两个摩拉	HL 佐贺
	2声	狼		LH 岐阜
	3声	狗	四个摩拉	HLLL 埼玉
	4声	鹿		LHHH 横浜
双音节	1声	西安	LHLL	静岡
		包头		
		东北		
		安庆		
	2声	成都		
		吉林		
		河北		
		重庆		
	3声	北京		
		海南		
		海口		
		海淀		
	4声	泰安		
		大连		
		上海		
		大庆		

3.2. 发音者

本文要观察的是汉语和日语的音域高低幅度，音域高低幅度有个人差异，所以本文采用的发音人是精通汉日两种语言的双语者。即本文要讨论的是同一个人发汉语词和日语词时的音域高低幅度的差异。发音人是下面的四位汉日双语者。

	性别	年龄	家庭环境	在家里用的语言	在中国居留期间和地名	在日本居留期间和地名
发音者A	男	22	爷爷是日本人其他都是中国人	汉语	0-9岁（黑龙江） 19岁-现在（北京）	9-19岁（东京）
发音者B	男	20	爷爷是日本人其他都是中国人	汉语	0-9岁（齐齐哈尔） 20岁-现在（北京）	9-20岁（长野）
发音者C	女	23	外婆是日本人其他都是中国人	汉语	0-6岁（齐齐哈尔） 21岁-现在（北京）	6-21岁（东京）
发音者D	女	21	父母都是日本人	日语	3-9岁（台湾） 17岁-现在（北京）	0-3岁（德岛） 9-17岁（德岛）

3.3. 实验程序和过程

话筒：SONY EMC-44B

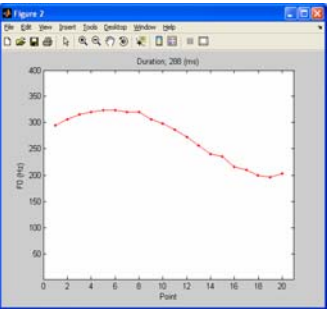
调音台：BEHRINGER EURORACK UB502

声卡：CREATIVE SOUND BLAST

录音程序：Adobe Audition 1.5

分析程序：MATLAB 7.1.0.246

分析方法



（发音者C发的‘鹿’）

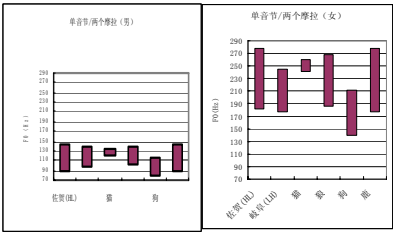
F0的高点值和低点值是用MATLAB来算出来的（参考上面的图表）。把每个词的F0最高值和最低值抽出来，算出来音域高线和低线的平均值。

4. 实验结果

4.1. 汉语单音节词和日语两个摩拉词

4.2. 每个词的音域

下面的图表表示的是汉语的单音节词和日语的两个摩拉词的音域高低幅度，是两位男生的平均值和两位女生的平均值。

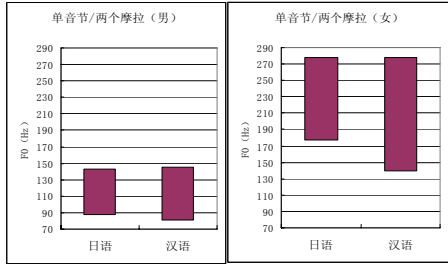


男生的高低幅度没有女生的宽。汉语和日语共同之点是两种语言都是HL 高低幅度比LH幅度宽。具体地说，‘佐贺（HL）’比‘岐阜（LH）’的高低幅度宽，‘鹿’比‘狼’的幅度宽。音域的高点在汉日两种语言没有明显的差异，但汉语的低点比日语的还低。上面

的图表说明日语没有汉语三声的低。

4.2.1. 汉日音域对比

下面的图表是汉语单音节音高幅度的平均值和日语两个摩拉词音高幅度的平均值，是两位男生的平均值和两位女生的平均值。



	汉语 (F0高低幅度)	日语 (F0高低幅度)
男	80-145 (65)	87-143 (56)
女	140-278 (138)	177-278 (101)

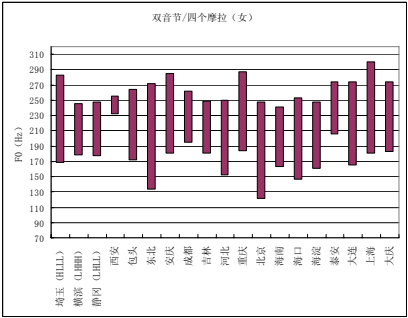
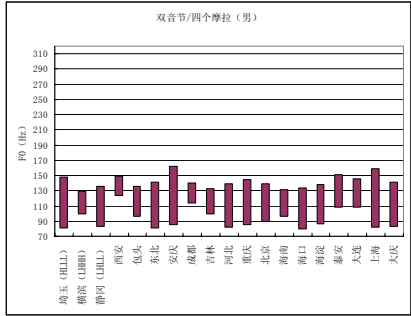
(Hz)

男生的F0 高低幅度日语 56Hz、汉语 65Hz，汉日两种语言之间没有大的差别。虽然音高的高点和低点也汉日之间没有大的差别，但汉语词的音高比日语的低一点。女生的高低幅度比男生的宽得多，日语 101Hz、汉语 138Hz，汉语的高低幅度比日语的宽。音高的高点汉日都有一样的高度，但低点有差异，女生发的汉语词比日语词低 37Hz。

4.3. 汉语的双音节词和日语的四个摩拉词

4.3.1. 每个词的音域

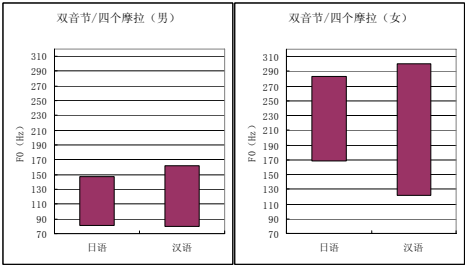
下面的图表表示的是汉语的双音节词和日语的四个摩拉词的音域高低幅度，是两位男生的平均值和两位女生的平均值。



跟单音节词和两个摩拉词的实验结果一样，女生的高低幅度比男生的宽，而 HLLL 的高低幅度比 LHHH 的幅度宽，即词头的下降比上升的宽度大。具体地说，‘埼玉 (HLLL)’比‘横滨 (LHHH)’的音高幅度宽。‘上海’比‘成都’的幅度宽。汉日两种语言都词头的HL的下降幅度比词头的LH的上升的幅度宽，而高点也下降时的高点比上升时的高点还高。

4.3.2. 汉日音域对比

下面的图表是汉语双音节音高幅度的平均值和日语四个摩拉词音高幅度的平均值，是两位男生的平均值和两位女生的平均值。



	汉语 (F0高低幅度)	日语 (F0高低幅度)
男	79-162 (83)	81-148 (66)
女	122-300 (178)	168-283 (114)

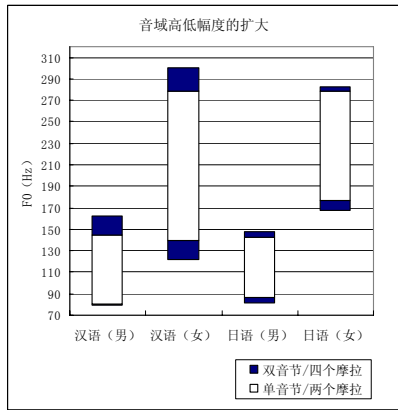
(Hz)

女生的音域高低幅度比男生的宽而汉语的比日语的宽。汉语的 F0 高点比日语的高的原因是汉语的四声的高点比日语的词头 HL 的高点还高，男的高 14Hz，女的高 17Hz。汉语的 F0 低线比日语的低的原因是汉语的三声的低点比日语的最低点还低，女的低 46Hz。但男生在汉日之间的音域低点没有大的差别。

4.4. 小结

对比男生和女生时，女生的音域高低幅

4.5. 度比男生宽得多，大约宽一倍。汉语单音节词与日语两个摩拉词之间，音域高点没有大的差别。汉语的四声和日语的 HL 有相似的作用，不仅幅度宽而且音域高度最高。关于词的长度长的汉语双音节词和日语四个摩拉词，两种语言高低的宽度都比单音节词和两个摩拉词还宽。汉语的高低幅度比日语的宽得多（关于具体的数值，参考下面的两个图表）。



	汉语 (F0高低幅度)	日语 (F0高低幅度)
单音节/两个摩拉 (男)	80-145 (65)	87-143 (56)
双音节/四个摩拉 (男)	79-162 (83)	81-148 (66)
单音节/两个摩拉 (女)	140-278 (138)	177-278 (101)
双音节/四个摩拉 (女)	122-300 (178)	168-283 (114)

(Hz)

汉语四声的高点，双音节词比单音节词
ズムとポーズ, 三省堂

高，男的变高 17Hz，女的变高 22Hz。三声的低点，双音节词比单音节词低，女的变低 18Hz。

5. 结论

从实验结果得出以下三个结论。

- 1) 男女之间的音域高低幅度大约 1: 2
- 2) 词的长度越长 F0 范围越大，特别是汉语。
- 3) 汉语的音域高低幅度比日语宽，词的长度越长其差别越明显。日语没有汉语上声的低，也没有去声的高。

参考文献

林茂灿，2002，普通话语句的韵律结构和基频（F0）高低线勾建，《当代语言学》4(4) :254-265

王韞佳、初敏、贺琳，2003，汉语语句重音的分类和分布的初步实验研究，《心理学报》35(6) :734-742

杉藤美代子、国広哲弥、廣瀬肇、河野守夫，1997，アクセント・イントネーション・リ